



**HAL**  
open science

# L'apport des méthodes non destructives à l'analyse des sites archéologiques : le point de vue de l'archéologue

Frédéric Trément

## ► To cite this version:

Frédéric Trément. L'apport des méthodes non destructives à l'analyse des sites archéologiques : le point de vue de l'archéologue. Non-destructive techniques applied to landscape archaeology, Marinella Pasquinucci; Frédéric Trément, Dec 1995, Pisa, Italie. pp.1-14. halshs-01838674

**HAL Id: halshs-01838674**

**<https://shs.hal.science/halshs-01838674>**

Submitted on 30 Oct 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

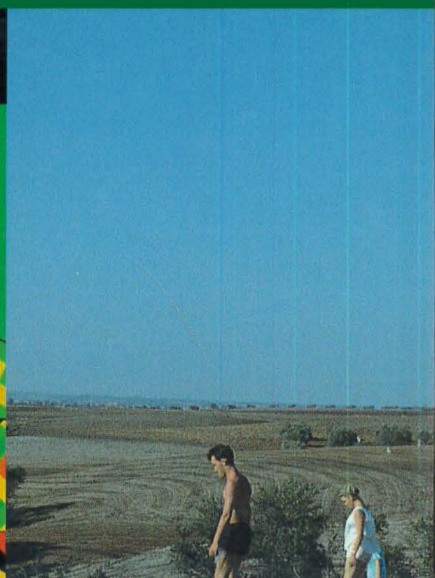
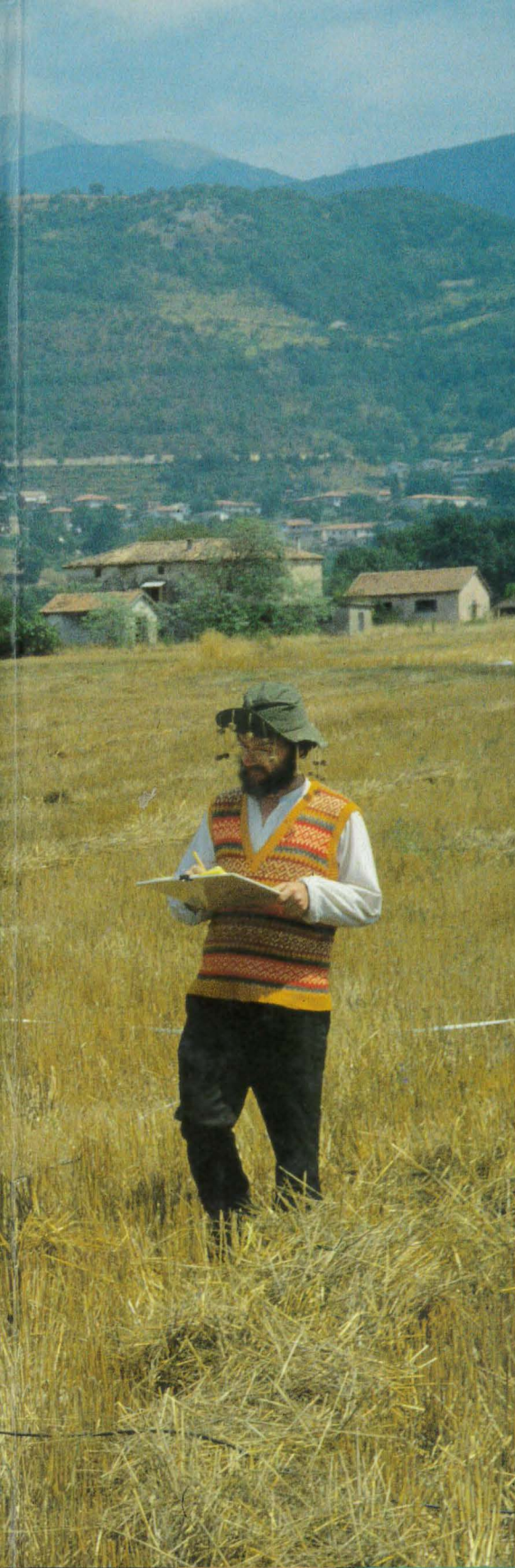
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

THE ARCHAEOLOGY OF  
MEDITERRANEAN LANDSCAPES 4

---

# Non-Destructive Techniques Applied to Landscape Archaeology

Edited by  
Marinella Pasquinucci  
and Frédéric Trément





# The Archaeology of Mediterranean Landscapes

*Series Editors*

Graeme Barker and David Mattingly

1. Reconstructing Past Population Trends in Mediterranean Europe  
(3000 BC – AD 1800)

*Edited by John Bintliff and Kostas Sbonias*

2. Environmental Reconstruction in Mediterranean Landscape Archaeology  
*Edited by Philippe Leveau, Frédéric Trément, Kevin Walsh and Graeme Barker*

3. Geographical Information Systems and Landscape Archaeology  
*Edited by Mark Gillings, David Mattingly and Jan van Dalen*

4. Non-Destructive Techniques Applied to Landscape Archaeology  
*Edited by Marinella Pasquinucci and Frédéric Trément*

5. Extracting Meaning from Ploughsoil Assemblages  
*Edited by Riccardo Francovich, Helen Patterson and Graeme Barker*



# General Editors' Introduction: The POPULUS Project

*Graeme Barker and David Mattingly*

This is one of five volumes being published by the POPULUS project, a European research network funded by the EU Human Capital and Mobility programme (Contract ERB CHRXCT930305) to address a series of methodological issues in Mediterranean landscape archaeology.

## THE RESEARCH CONTEXT

Without a long historical perspective, research on changing demographic patterns in modern day Europe can only assess the impact of recurrent or perennial environmental and socio-economic aspects by constructing hypothetical models. The more empirically-based such models are, the greater their relevance to contemporary situations. This is particularly true of the less industrialized regions of Mediterranean Europe, where farming remains the principal economic focus and where the last decades have witnessed considerable migration of population to the cities or other more favoured economic regions. The problems facing these areas of the EU have an historic as well as a contemporary dimension and there is obvious importance in seeking to gain a clearer understanding of their long-term demographic trends.

Long-term demographic changes can be studied from many different perspectives and using many techniques, including history and the natural and social sciences. Numerous factors can be advanced to explain population growth and contraction (economic, environmental, social), but all research is hampered by the absence of detailed census records for much of the pre-modern period. However, landscape archaeology – a constellation of approaches and methodologies bridging the natural and social sciences, applied to both rural and urban contexts – has the potential to provide a major source of new information on the *longue durée* of human settlement in Mediterranean Europe. In recent years advances in field survey and excavation techniques, air photography, remote sensing, GIS (Geographical Information Systems), ceramic

provenancing and dating have led to the accumulation of a wealth of new evidence on past settlement patterns. Potentially, therefore, the techniques of landscape archaeology offer the best opportunity significantly to advance our knowledge of European human demography in pre-industrial times, c. 3000 BC–AD 1800.

Despite this potential contribution of landscape archaeology, however, development has been uneven across Europe. In Mediterranean countries in particular, the traditional dominance of art historical approaches in archaeology, compounded by the strength of academic boundaries in other disciplines, has mitigated against the development of an approach to landscape analysis and demographic modelling that by definition demands an inter-disciplinary framework linking the natural and social sciences. Fieldwork in landscape archaeology has been the exception, not the rule. Moreover, where pioneering research has taken place, each team has tended to develop and use its own special methods (often reflecting a particular national tradition of archaeological research), with too little attention being paid to the necessity of achieving greater standardization of data sets. There are also specific problems relating to the interpretation of the status, size and length of occupation of the many sites that have been discovered. Scientific techniques can assist in refining the data so that more reliable demographic assessments can be made, but many interesting and important projects have not been able to make use of the full range of scientific techniques because the appropriate expertise is not available at the regional level. If landscape archaeology is to realize its potential to contribute significantly to debates on long-term demographic trends in Mediterranean Europe, it has to overcome the present lack of agreement on approaches and methods that makes meaningful comparisons between regional data difficult or impossible.

## THE POPULUS OBJECTIVES

The aim of the POPULUS project, therefore, was to

investigate the feasibility of establishing a common series of research goals and standards in Mediterranean landscape archaeology so as to advance the study of the ancient demography of the region on a broad comparative front. A research network was established at five EU universities, each hosting a Working Party and training a trans-national Research Fellow in a specific sub-discipline within Landscape Archaeology, as follows:

- Prof Graeme Barker (School of Archaeological Studies, University of Leicester, UK) coordinated the overall project, and his colleague Dr David Mattingly coordinated the work of Working Party 1, and the training of the Research Fellow, in **Geographical Information Systems**;
- Dr John Bintliff (Department of Archaeology, University of Durham, UK) coordinated the work of Working Party 2, and the training of the Research Fellow, in **Demographic Modelling**;
- Prof Philippe Leveau (Centre Camille Julian, Université de Provence, France) coordinated the work of Working Party 3, and the training of the Research Fellow, in **Geoarchaeology**;
- Prof Riccardo Francovich (Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti, Università degli Studi di Siena, Italy) coordinated the work of Working Party 4, and the training of the Research Fellow, in **Field-survey Methodologies**, with particular emphasis on ceramic recording, provenancing and dating;
- Prof Marinella Pasquinucci (Dipartimento di Scienze Storiche del Mondo Antico, Università degli Studi di Pisa, Italy) coordinated the work of Working Party 5, and the training of the Research Fellow, in **Remote Sensing**, with particular emphasis on non-invasive techniques of archaeological survey.

The Working Parties were to bring together relevant expertise to define key issues in the methodologies of their research area, with a particular emphasis on the comparison of different research traditions and methods in different European countries. Each Working Party was to organise a Colloquium that would review methodologies and demonstrate best practice. The Research Fellows were to assist in the organisation of the Colloquia, and also to undertake research within their area of expertise and present their results to the relevant Colloquium. In addition, the Research Fellows and other members of the network were to collaborate in a programme of joint fieldwork to demonstrate the practical integration of improved and standardised methodologies in landscape archaeology. The principal outcome of POPULUS was to be the publication of the five colloquia, including the results of the joint fieldwork, together with a technical manual identifying best practice.

## THE WORK PROGRAMME

The project started in January 1994 with the first meeting of the Steering Committee, composed of the coordinators in each of the partner universities. The Research Fellows were appointed through 1994: Leicester in January, Durham in April, Aix-en-Provence in April, Siena from February, and Pisa from June. The Working Parties met through 1994 and 1995, and the Research Fellows' training and field research were also undertaken during 1994 and 1995. In 1995 the project was expanded and strengthened with the addition of a team from the Department of Archaeology at the University of Ljubljana in Slovenia coordinated by Dr Predrag Novaković, under a supplementary EU grant (Contract ERBCIPD940624). The Colloquia took place in the autumn of 1995 and spring of 1996, the papers being revised by their authors through 1996, and then being edited at the five universities by the local coordinators and finally at Leicester (including several that were also translated into English after the main editing) by the General Editors during 1997.

## THE WORKING PARTIES

The Working Parties were deliberately set up in terms of personnel from the network and from other universities and institutions to reflect the diversity of Community traditions and methodologies in each of the five main areas addressed. Working Party 1 had members from Britain, France, Greece, Holland, Italy, and Slovenia. Working Party 2 had members from Britain, France, Germany, Greece, Holland, Italy, and Slovenia. Working Party 3 had members from Britain, France, Italy, Spain and Slovenia. Working Party 4 had members from Britain, France, Holland, Italy, Spain and Slovenia. Working Party 5 had members from Britain, France, Greece, Italy and Slovenia.

## THE RESEARCH FELLOWS

Under the terms of the Human Capital and Mobility programme, the Research Fellows were to be appointed from EU countries other than the designated place of work. This requirement of the Human Capital and Mobility programme was also seen as an extremely positive contribution to the goals of POPULUS, because the mobility of young archaeologists from one Community country to another was an important part of the process of integrating the different European intellectual and methodological traditions in landscape archaeology. The partner institutions proposed individuals where suitable qualified personnel were available, and the posts were also advertised widely through EU universities, museums and state archaeological services. The Leicester Research Fellow in GIS was Dr Jan van Dalen, a Dutch national with a first and second degree at Leiden University, who was

working for the Dutch Archaeological Service on a programme developing GIS for predictive modelling of site distributions to aid their strategies of heritage management. The Durham Research Fellow in Demographic Modelling was Dr Kostas Sbonias, a Greek national with a first degree at Athens University in archaeology, a PhD from Heidelberg University, and extensive postgraduate experience in Greek landscape archaeology projects. The Aix-en-Provence Research Fellow in Geoarchaeology was Dr Kevin Walsh, a British national with a first degree in archaeology and geography at Lampeter University and an MA and a PhD in environmental archaeology at Leicester University. The Siena Research Fellow in Field Survey Methodologies was a British national, Dr Helen Patterson, who had a first degree in archaeology at Reading University and a PhD in ceramic analysis at Sheffield University, the latter with a primary focus on the analysis of medieval ceramics from a field survey and excavation project in Italy. The Pisa Research Fellow in Remote Sensing was a French national, Dr Frédéric Trément, who had a first degree in history and a PhD in landscape archaeology, both at the University of Aix-en-Provence. The Ljubljana Research Fellow was a Greek national, Mrs Helene Simoni, with a first degree in classical archaeology at the University of Athens and an MA in Landscape Studies at the University of Leicester. Her MA had included training in GIS, and she was appointed to Ljubljana to receive further training, and then to undertake research, in GIS.

The Research Fellows prepared discussion documents for each meeting of their respective Working Party. For the first meetings they gathered information about current archaeological research in the Mediterranean relevant to the activities of their Working Party, to help define the key issues for the subsequent Working Party meetings and the themes of the Colloquia, and to suggest names of appropriate speakers. In subsequent meetings they reported further developments in this data-gathering exercise, and also reported on their own field research. Supported by their supervisor (the regional coordinator), they were charged with the primary responsibility for the organization of their respective Colloquia including the soliciting of papers, the circulation of pre-prints to discussants, the running of the Colloquia, and liaison with speakers afterwards to secure finalized versions of papers. They also undertook as much of the preliminary editing of the proceedings as possible before the cessation of their contracts. Dr Trément in particular undertook much of the editing of the Aix as well as the Pisa Colloquia after the Aix Research Fellow left the project before the end of his contract for another post, Dr Trément transferring from Pisa to Leicester from February to June 1995 for this purpose. Each Research Fellow contributed an introductory paper to their Colloquium identifying the major strengths and weakness of current methodologies in their area of specialism, and has provided the supplementary information for the Manual of Best Practice. They also undertook field

research that is published as separate Colloquia contributions and/or in publications on specific projects.

## THE POPULUS COLLOQUIA

The five Colloquia took place on 13–16 October (Aix), 6–8 November (Leicester), 25–26 November (Durham), 1–3 December (Siena) and 4–6 December (Pisa) in 1995. Each Working Party coordinator was successful in obtaining limited additional funds locally (university, local administration etc) or nationally to augment the POPULUS budget for the travel and accommodation costs of speakers, and the Project Coordinator also secured a grant of £500 from the British Academy towards the travel costs of a speaker from the US attending the Leicester and Durham Colloquia. The Colloquia were structured to enhance debate amongst the different EU traditions of landscape archaeology. All papers were pre-circulated, and the main focus for each paper at most of the Colloquia was a presentation not by the authors of the paper but by a discussant from another country, followed by a brief response by the author(s) and then an open debate amongst the Colloquium participants. All five colloquia were characterized by vigorous but positive and friendly debate, and the papers were re-written by their authors in the light of the discussions and the general themes and issues that emerged.

## THE POPULUS VOLUMES

The five Colloquia are being published as a series by Oxbow Books under the title *Mediterranean Landscapes*, with Graeme Barker and David Mattingly as Series Editors. The five volumes are: 1. *Reconstructing Past Population Trends in Mediterranean Europe (3000 BC – AD 1800)* edited by John Bintliff and Kostas Sbonias; 2. *Environmental Reconstruction in Mediterranean Landscape Archaeology* edited by Philippe Leveau, Frédéric Trément, Kevin Walsh and Graeme Barker; 3. *Geographical Information Systems and Landscape Archaeology* edited by Mark Gillings, David Mattingly and Jan van Dalen; 4. *Non-Destructive Techniques Applied to Landscape Archaeology* edited by Marinella Pasquinucci and Frédéric Trément; and 5. *Extracting Meaning from Ploughsoil Assemblages* edited by Riccardo Francovich, Helen Patterson and Graeme Barker. The POPULUS volumes bring together a remarkable array of EU expertise in current approaches to Mediterranean landscape archaeology: the papers present the researches of 30 British, 4 German, 6 Dutch, 27 French, 4 Greek, 35 Italian, 8 Slovenian, and 6 Spanish scholars, as well as those of 11 Canadian/US scholars working in the region. They bridge the disciplinary and national boundaries that have mitigated against the development of a coherent methodology in Mediterranean landscape archaeology. The contents are as follows:



## **1. Reconstructing Past Population Trends in Mediterranean Europe (3000 BC – AD 1800)**

edited by John Bintliff and Kostas Sbonias

### ARCHAEOLOGICAL SURVEY AND DEMOGRAPHY

1. *Introduction to issues in demography and survey.* Kostas Sbonias.
2. *Regional field surveys and population cycles.* John Bintliff.
3. *Counting people in an artefact-poor landscape: the Langadas case, Macedonia, Greece.* Stelios Andreou and Kostas Kotsakis.
4. *Demographic trends from archaeological survey: case studies from the Levant and Near East.* Tony Wilkinson.
5. *Archaeological proxy-data for demographic reconstructions: facts, factoids or fiction?* John Chapman.
6. *An attempt at the demographic interpretation of long-term settlement processes in the prehistory of Slovenia: the case of the 'archaeological map of Slovenia'.* Predrag Novaković.
7. *Prospection archéologique et démographie en Provence: approche paléodémographique de la rive occidentale de l'Etang de Berre sur la longue durée.* Frédéric Trément.
8. *Demography and Romanization in central Italy.* Franco Cambi.
9. *Beyond historical demography: the contribution of archaeological survey.* Simon Stoddart.

### INTERDISCIPLINARY APPROACHES

10. *Chance and the human population: population growth in the Mediterranean.* Ezra Zubrow and Jennifer Robinson.
11. *The potential of historical demography for regional studies.* Malcolm Smith.
12. *Clearing away the cobwebs: a critical perspective on historical sources for Roman population history.* Tim Parkin.
13. *The population of Roman Italy in town and country.* Elio Lo Cascio.
14. *Documentary sources for the history of medieval settlements in Tuscany.* Maria Ginatempo and Andrea Giorgi.
15. *The Ottoman Imperial Registers: central Greece and northern Bulgaria in the 15th–19th centuries – the demographic development of two areas compared.* Machiel Kiel.
16. *Investigating the interface between regional survey, historical demography and palaeodemography.* Kostas Sbonias.
17. *The contribution of palaeoanthropology to regional demographic history.* C. A. Marlow.
18. *Problems and prospects in palaeodemography.* Claude Masset.
19. *Relating cemetery studies to regional survey: Rocca San Silvestro, a case study.* Riccardo Francovich and Kathy Gruspier.
20. *Counting heads: an overview.* Jeremy Paterson.

## **2. Environmental Reconstruction in Mediterranean Landscape Archaeology**

edited by Philippe Leveau, Frédéric Trément, Kevin Walsh and Graeme Barker

1. *Mediterranean landscape archaeology and environmental reconstruction.* K. Walsh
2. *Landscape archaeology and reconstruction of the Mediterranean environment based on palynology.* S. Bottema
3. *A computerized database for the palynological recording of human activity in the Mediterranean basin.* V. Andrieu, E. Brugiapaglia, R. Cheddadi, M. Reille and J.-L. de Beaulieu
4. *Reconstructing vegetation and landscapes in the Mediterranean: the contribution of anthracology.* J.-L. Vernet
5. *Some examples of climatic reconstruction in the Mediterranean using dendroclimatology.* F. Guibal
6. *Geomorphological techniques in Mediterranean landscape archaeology.* A. G. Brown
7. *L'apport de la micromorphologie des sols à la reconstitution des paléopaysages (Application au bassin méditerranéen pour la période 3000 av. J. C. – 1800 ap. J. C.).* N. Fédoroff et Marie-Agnès Courty
8. *Reconstructing past soil environments in the Mediterranean region.* R. S. Shiel
9. *Energy dispersive X-ray micro-analysis and the geochemistry of soil sediments.* D. D. Gilbertson and J. P. Grattan
10. *Searching for the ports of Troy.* E. Zangger, M. Timpson, S. Yazvenko and H. Leiermann
11. *Case studies from the Pontine region in central Italy on settlement and environmental change in the first millennium BC.* P. Attema, J. Delvigne and B. J. Haagsma
12. *Karst dolinas: evidence of population pressure and exploitation of agricultural resources in karstic landscapes.* P. Novaković, H. Simoni and B. Mušić
13. *Archeologia ambientale padana: un caso di studio – la pianura padana centrale tra il Bronzo medio ed il Bronzo finale (xvi–xiii sec. a. C.).* M. Cremaschi.
14. *Human impacts and natural characteristics of the ancient ports of Marseille and Fos, Provence, southern France.* C. Vella, C. Morhange and M. Provansal
15. *Developing a methodological approach to the evolution of field systems in the middle Rhône valley.* J.-F. Berger and C. Jung

16. *Progradación fluvial y cambios en la línea de costa en época histórica en el Golfo de Valencia (España)*. P. Carmona
17. *The integration of historical, archaeological and palaeoenvironmental data at the regional scale: the Vallée des Baux, southern France*. P. Leveau
18. *The integration of historical, archaeological and palaeoenvironmental data at the regional scale: the Étang de Berre, southern France*. F. Trément
19. *Geoarchaeology in Mediterranean landscape archaeology: Concluding comments*. G. Barker and J. Bintliff.

### **3. Geographical Information Systems and Landscape Archaeology**

*edited by Mark Gillings, David Mattingly and Jan van Dalen*

1. *Introduction* Mark Gillings and David Mattingly.

#### GIS AND ARCHAEOLOGY

2. *Geographical Information Systems: today and tomorrow?* Peter F. Fisher.

#### GIS AND ARCHAEOLOGICAL THEORY

3. *GIS and landscapes of perception* Robert Witcher
4. *Cartography and landscape perception: a case study from central Italy* Peter Attema.

#### THEORY AND METHOD

5. *Regional survey and GIS: the Boeotia Project* Mark Gillings and Kostas Sbonias
6. *Towards a methodology for modelling surface survey data: the Sangro Valley Project* Gary Lock, Tyler Bell and John Lloyd
7. *Between spaces: interpolation in archaeology* Jennifer M. Robinson and Ezra Zubrow.

#### GIS AND FIELD SURVEY DATA

8. *GIS-based analysis of the population trends on the island of Brač in central Dalmatia* Zoran Stančić and Vincent Gaffney
9. *Analyzing Rome's hinterland* Martin Belcher, Andrew Harrison and Simon Stoddart
10. *Reconstructing the population history of the Albegna Valley and Ager Cosanus, Tuscany, Italy, in the Etruscan period* Philip Perkins.

#### DEVELOPING TECHNIQUES AND APPROACHES

11. *Probability modelling: a Bayesian and a geometric example* Jan van Dalen
12. *Multispectral classification of satellite images* Krištof Oštir, Zoran Stančić and Majda Trušnovc
13. *Geographic Information Systems and archaeology: methodological aspects of the presentation and display of results* Javier Baena Preysler, Concepcion Blasco, Javier Espiago, Alberto Rio

### **4. Non-Destructive Techniques Applied to Landscape Archaeology**

*edited by Marinella Pasquinucci and Frédéric Trément*

1. *L'apport des méthodes non destructives à l'analyse des sites archéologiques: le point de vue de l'archéologue*. F. Trément.

#### REMOTE SENSING

2. *Télé-détection et archéologie. Concepts fondamentaux, état de l'art et exemples*. B. Marcolongo and E. Barisano.
3. *Environmental studies through active and passive airborne remote sensing systems*. R. M. Cavalli, C. M. Marino and S. Pignatti.
4. *Metodi di telerilevamento in archeometria e nella diagnostica non invasiva*. A. Tonelli.
5. *Aerial archaeology around the Mediterranean*. B. Jones.
6. *Détection aérienne des camps néolithiques en Languedoc occidental*. J. Vaquer.
7. *La restitution des parcellaires anciens et des limitations antiques à partir des techniques de la télé-détection et du traitement d'images*. D. Charraut and F. Favory.
8. *Digital classification and visualization systems of archaeological landscapes*. M. Forte.

#### GEOPHYSICS

9. *The IGAPS Project: integrated geophysical acquisition and processing system for cultural heritage*. D. Patella, S. Piro, L. Versino, F. Cammarano, R. Di Maio and P. Mauriello.
10. *La mesure de la résistivité (ou de la conductivité) électrique du sol en prospection archéologique*. A. Hesse.
11. *Magnetic techniques applied to archaeological survey*. D. Jordan.

12. *Radar (G. P. R. ) methods for historical and archaeological surveys.* E. Finzi and S. Piro.
13. *Seismic methods.* L. Sambuelli and G. P. Deidda.
14. *The role of gravity surveys in archaeology.* M. Di Filippo, T. Ruspandini and B. Toro.
15. *Acoustic methods in archaeology: prospecting on a site of Parco Marturanum.* G. B. Cannelli, E. D'Ottavi and A. Alippi.
16. *Integration of high resolution georadar and geoelectrical methods: detection of subsurface shallow bodies.* S. Piro.
17. *Filtrage numérique des données géophysiques.* J. Tabbagh.

#### GEOCHEMICALS

18. *Soil phosphate survey.* J. Taylor.
19. *Soil geochemistry and artefact scatters in Boeotia, Greece.* J. N. Rimmington.

#### SURFACE COLLECTION OF ARTEFACTS

20. *The concepts of 'site' and 'off-site' archaeology in surface artefact survey.* J. Bintliff
21. *The comparison of surface and stratified artefact assemblages.* M. Millett
22. *Définition ou hiérarchisation des sites? Approche intégrée en Gaule méditerranéenne.* F. Favory and C. Raynaud.

#### INTEGRATED STUDIES

23. *The Pisa territory project.* E. Marchisio, M. Pasquinucci, E. Pranzini and G. Vigna Guidi.
24. *Two examples of using combined prospecting techniques.* D. Grosman.
25. *Expérience de croisement de méthodes de prospection sur le site des Girardes à Lapalud (Vaucluse, France).* F. Trément (avec la collaboration de P. Clogg, P. Druelle, G. Ducomet, J.-P. Mariat and J. Taylor).

#### GENERAL ISSUES

26. *Du site au réseau: archéologie, géographie spatiale ou géographie historique.* Ph. Leveau.

### **5. Extracting Meaning from Ploughsoil Assemblages**

*edited by Riccardo Francovich, Helen Patterson and Graeme Barker*

#### INTRODUCTION

1. *Extracting meaning from ploughsoil assemblages: assessments of the past, strategies for the future.* S. Alcock.

#### METHODOLOGY

2. *Methods of collection, recording and quantification.* D. Mattingly
3. *Cultural depositional processes and post-depositional problems.* J. Taylor, with comments by Peter van Dommelen.
4. *Ceramics and the site: is survey enough?* Vincent Gaffney.
5. *What are we counting for?* Elizabeth Fentress.
6. *Dating, quantifying and utilizing pottery assemblages from surface survey.* Martin Millett.
7. *The visibility of sites and the interpretation of field survey results: towards an analysis of incomplete distributions.* Nicola Terrenato.
8. *Quando i campi hanno pochi significati da estrarre: visibilità archeologica, storia istituzionale, multi-stage work.* Franco Cambi.
9. *Prospection et chronologie: de la quantification du temps au modèle de peuplement. Méthodes appliquées au secteur des étangs de Saint-Blaise (Bouches-du-Rhône) France.* Frédéric Trément.
10. *Discussion.* Martin Millett.

#### CERAMIC STUDIES IN MEDITERRANEAN SURVEY

11. *The current state of prehistoric ceramic studies in Mediterranean survey,* Caroline Malone and Simon Stoddart
12. *The current state of Roman ceramic studies in Mediterranean survey, or, handling pottery from surveys.* John W. Hayes.
13. *The current state of early medieval and medieval ceramic studies in Mediterranean survey.* Helen Patterson.

#### CASE STUDIES

14. *Surface survey analysis of the copper ages site of La Pijotilla (Spain).* Victor Hurtado.
15. *On-site surface distributions and geophysics: the site of Rodik-Adjovscina.* Božidar Slapšak, Branko Mušič, and Verena Perko
16. *La ceramica preromana come indicatore di processi socio-economici: il caso dell'Italia medio-tirrenica.* Andrea Zifferaro, with comments by Alessandro Guidi.
17. *Ceramic chronology and Roman rural settlement in the lower Guadalquivir Valley during the Augustan period.* Simon Keay.

18. *Terracotta and its territory: a tormented relationship*. Franco Cambi.
19. *The Adriatic Islands Project: contact, commerce and commercialization*. Vincent Gaffney, Branco Kirigin, John W. Hayes, and Peter Leach.
20. *De la fouille à la prospection, et retour: céramologie et histoire du peuplement dans la cité de Nîmes*. Claude Raynaud.
21. *Il rapporto fra superficie e sottosuolo; dal survey allo scavo: insediamento e circolazione ceramica fra V e X secolo nella Toscana centro-meridionale*. Riccardo Francovich and Marco Valenti.
22. *Reconstructing the classical landscape with figures: some interpretive explorations in North-West Keos*. Todd Whitelaw.
23. *Demographic trends: the contribution of regional survey data*. John Bintliff and Kostas Sbonias.
24. *Conclusion*. Susan E. Alcock, Franco Cambi, Simon Keay, and Claude Raynaud.

## SCIENTIFIC OUTCOMES

All five working groups in the POPULUS network were able to agree on areas of best practice, whilst eschewing the idea of a 'cookbook' approach to methodologies in landscape archaeology, the results of which have been incorporated into the Manual of Best Practice that is currently in the final stages of completion. Its future use by Community archaeologists working in Mediterranean landscape archaeology will be the ultimate test of the effectiveness of the POPULUS project in integrating the best of the diversity of current methodologies in the discipline.

During the discussions of the Working Parties, several alternative views were expressed about the way regional archaeological research and landscape archaeology should be conducted. At one end of the spectrum were some archaeologists who advocated that they (the archaeologists) should enlist a battery of natural scientists and tap into their results for the purpose of understanding the environmental context of an excavation or survey record. At the other end of the spectrum were some geographers who proposed that they (the scientists) should run the regional archaeological projects, the head scientist being partnered by an archaeologist. As Graeme Barker and John Bintliff comment at the end of the Aix-en-Provence volume *Mediterranean Landscape Archaeology 2*, the conclusion from the Colloquia is that both these positions lack one fundamental component: where do we find the interpretative approaches for the human-landscape interaction that constitutes the prime reason that these many specialists are working alongside each other? The work of the POPULUS network has emphasized the enormous potential of effective partnerships between broad-based teams of geoarchaeologists and modern intensive survey teams. Reconstructing the history of Mediterranean landscape change and demography certainly needs natural scientists to analyze the changing forms of the landscape, and archaeologists to analyze changing settlement morphologies and systems. To *understand* that history, however, in terms

of the interactions between landscape and people, and the perceptions, choices and adaptations that have underpinned human actions, will need effective partnerships between broad-based teams of archaeologists, geoarchaeologists, historians, and anthropologists. The greatest challenge of inter-disciplinary landscape archaeology in the Mediterranean in the coming years will be how to bridge the divide between the ecological approaches of the natural sciences to past landscapes, on the one hand, and the concerns of social archaeologists on the other with the interface between human actions and landscape.

In terms of modelling major trends in Mediterranean landscape history, one consistent theme for teams working in the eastern and western Mediterranean emerging from the POPULUS network is evidence for settlement shifts, population increase and agricultural intensification in the third millennium BC, and the extent to which these changes coincide with and are related to marked increases in the scale of human impact on sediments and vegetation and/or with climatic change. Regional inter-disciplinary landscape projects are also contributing as profoundly to our understanding of the impact of Roman imperial expansion and subsequent Romanization on the human and natural landscapes of the Mediterranean. Another central concern is the relative impact of climatic fluctuations and human impact in terms of dramatic environmental change: here, one significant weakness of current work is the lack of emphasis on investigating the prehistory and history of Mediterranean uplands. Some of the major landscape changes we can not detect in the Mediterranean region were the result of gradual long-term processes, others may have been caused by catastrophic events of short duration and very long recurrence intervals. The widespread application of dating techniques such as luminescence and palaeomagnetism in the coming years is likely to have an enormous impact in this respect: more refined chronologies seem likely to emphasize different rates of landscape change rather than uniformity, with profound implications for our understanding of human interactions with their landscape.



# Non-Destructive Techniques Applied to Landscape Archaeology

*Edited by*  
*Marinella Pasquinucci and Frédéric Trément*

Oxbow Books  
2000

*Published by*  
Oxbow Books, Park End Place, Oxford OX1 1HN

© Oxbow Books and the individual authors, 2000

ISBN 1 900188 74 0

*This book is available direct from*

Oxbow Books, Park End Place, Oxford OX1 1HN  
(*Phone: 01865-241249; Fax: 01865-794449*)

*and*

The David Brown Book Company  
PO Box 511, Oakville, CT 06779, USA  
(*Phone: 860-945-9329; Fax: 860-945-9468*)

*or from our website*

[www.oxbowbooks.com](http://www.oxbowbooks.com)

*Printed in Great Britain at*  
*The Alden Press*  
*Oxford*

# Contents

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| List of Figures and Tables ..... | xv  |
| Addresses of Contributors .....  | ixx |

|   |   |
|---|---|
| 1. L'apport des méthodes non destructives à l'analyse des sites archéologiques:<br>Le point de vue de l'archéologue.<br><i>F. Trément</i> ..... | 1 |
|---|---|

## REMOTE SENSING

|  |    |
|--|----|
| 2. Télédétection et archéologie: concepts fondamentaux, état de l'art et exemples.<br><i>B. Marcolongo &amp; E. Barisano</i> .....   | 15 |
| 3. Environmental studies through active and passive airborne remote sensing systems.<br><i>R.M. Cavalli, C.M. Marino &amp; S. Pignatti</i> .....   | 31 |
| 4. Metodi di telerilevamento in archeometria e nella diagnostica non invasiva.<br><i>A. Tonelli</i> .....  | 38 |
| 5. Aerial archaeology around the Mediterranean.<br><i>B. Jones</i> .....   | 49 |
| 6. Détection aérienne des camps néolithiques en Languedoc occidental.<br><i>J. Vaquer</i> .....  | 61 |
| 7. La restitution des parcellaires anciens et des limitations antiques à partir des techniques<br>de la télédétection et du traitement d'images.<br><i>D. Charraut &amp; F. Favory</i> ..... | 70 |
| 8. Digital classification and visualization systems of archaeological landscapes.<br><i>M. Forte</i> .....   | 84 |

## GEOPHYSICS

|  |     |
|--|-----|
| 9. The IGAPS Project: Integrated geophysical acquisition and processing system for cultural heritage.<br><i>D. Patella, S. Piro, L. Versino, F. Cammarano, R. Di Maio &amp; P. Mauriello</i> ..... | 96  |
| 10. La mesure de la résistivité (ou de la conductivité) électrique du sol en prospection archéologique.<br><i>A. Hesse</i> .....   | 104 |
| 11. Magnetic techniques applied to archaeological survey.<br><i>D. Jordan</i> .....  | 114 |
| 12. Radar (G.P.R.) methods for historical and archaeological surveys.<br><i>E. Finzi &amp; S. Piro</i> .....   | 125 |
| 13. Seismic methods.<br><i>L. Sambuelli &amp; G.P. Deidda</i> .....  | 136 |
| 14. The role of gravity surveys in archaeology.<br><i>M. Di Filippo, T. Ruspandini &amp; B. Toro</i> .....   | 148 |
| 15. Acoustic methods in archaeology: Prospecting on a site of Parco Marturanum.<br><i>G.B. Cannelli, E. D'Ottavi &amp; A. Alippi</i> .....   | 155 |
| 16. Integration of high resolution georadar and geoelectrical methods: Detection of subsurface shallow bodies.<br><i>S. Piro</i> .....   | 166 |
| 17. Filtrage numérique des données géophysiques.<br><i>J. Tabbagh</i> .....  | 173 |



## GEOCHEMICALS

18. Soil phosphate survey.  
*J. Taylor* ..... 182
19. Soil geochemistry and artefact scatters in Boeotia, Greece.  
*J.N. Rimmington* ..... 190

## SURFACE COLLECTION OF ARTEFACTS

20. The concepts of 'site' and 'off-site' archaeology in surface artefact survey.  
*J. Bintliff* ..... 200
21. The comparison of surface and stratified artefact assemblages.  
*M. Millett* ..... 216
22. Définition ou hiérarchisation des sites? Approche intégrée en Gaule méditerranéenne.  
*F. Favory & C. Raynaud* ..... 223

## INTEGRATED STUDIES

23. The Pisa territory project.  
*E. Marchisio, M. Pasquinucci, E. Pranzini & G. Vigna Guidi* ..... 233
24. Two examples of using combined prospecting techniques.  
*D. Grosman* ..... 245
25. Expérience de croisement de méthodes de prospection  
sur le site des Girardes à Lapalud (Vaucluse, France).  
*F. Trément (Avec la collaboration de P. Clogg, P. Druelle, G. Ducomet, J.-P. Mariat & J. Taylor)* ..... 256

## GENERAL ISSUES

26. Du site au réseau. Archéologie, géographie spatiale ou géographie historique.  
*P. Leveau* ..... 272

## List of Figures

### LIST OF TABLES

- Fig. 2.1 Schéma fonctionnel du processus interprétatif et de ses résultats.
- Fig. 2.2 Système d'Information Géographique appliqué à l'Archéologie (SIGA).
- Fig. 2.3 Merv Oasis SOYUZ KFA1000 digitalized image.
- Fig. 2.4 Geomorphological map of the Murgab's and surrounding areas, from satellite interpretation and ground survey.
- Fig. 2.5 Holocene paleoenvironmental evolution and ancient settlement patterns in the Merv Oasis, from SOYUZ, SPOT, aerial photos and ground survey.
- Fig. 2.6 Paléohydrographie du système fluvial Jawf-Hadramawt au Yémen d'après l'interprétation intégrée de photographies cosmiques SOYUZ, de photographies aériennes et de prospections.
- Fig. 2.7 Géomorphologie et peuplement ancien des bassins versants de W. Hirâb et W. Sadbâ.
- Fig. 2.8 Digital Elevation Models of Tell-Mozan.
- Fig. 2.9 Palaeohydrography and archaeological sites after interpretation of false color composite.
- Fig. 2.10 Concomitance (boolean intersection) of natural resources supporting settlements.
- Fig. 3.1 Cesna Conquest (C441).
- Fig. 3.2 Radar wavelengths and frequencies.
- Fig. 3.3 Smooth surface with specular reflection (a) and rough surface with diffuse scattering (b) and radar return from smooth (c) and rough surfaces (d) as a function of depression angle.
- Fig. 3.4 Schematic illustration of an airborne radar.
- Fig. 3.5 SIDERA image of the IGM 1:100,000 map n.266 with included the Selinunte archaeological site.
- Fig. 3.6 The CASA C 212/200.
- Fig. 3.7 Archaeological site of Selinunte (southern Italy) recorded in July 1994 during the 1994 Sicily Campaign from an altitude of 2000 m (ground resolution of 4 m).
- Fig. 4.1 The vegetation as an indicator.
- Fig. 4.2 Heat capacity.
- Fig. 4.3 Polarization and luminescence.
- Fig. 4.4 Evaluation of surface roughness.
- Fig. 4.5 Tentative synthesis of the remote sensing contribution to archaeology.
- Fig. 5.1 General map showing principal areas of aerial archaeology.
- Fig. 5.2 High level vertical of *Lepcis Magna* showing outer line of the city's defensive circuit c.1947.
- Fig. 5.3 *Lepcis Magna (Tripolitania)* : transcription of air photographic information from the western, extramural suburb.
- Fig. 5.4 *Cyrene (Cyrenaica)* : transcription showing the layout of ancient field patterns in a sample area south east of the metropolis.
- Fig. 5.5 Oblique aerial photograph of the Neolithic settlement at La Martora south of the Foggia-Troia road, Apulia, south-east Italy (1994).
- Fig. 5.6 Air photograph of tripartite Roman villa, Troia, south-east Italy (1945).
- Fig. 5.7 Oblique air photograph of first century B.C. farm with associated decumanus and approach track Lucera, south-east Italy.
- Fig. 5.8 Transcription of details from superimposed centuriation systems, Foggia south-east Italy.
- Fig. 5.9 Non-conventional methods of aerial photography.
- Fig. 5.10 Vertical view of the sand-covered Roman fort of Bu Ngem (*Tripolitania*) from a height of approximately 200 m taken by a kite-borne air photographic system.
- Fig. 6.1 Relevés d'après clichés aériens d'enceintes à fossés segmentaires du Néolithique moyen languedocien.
- Fig. 6.2 Relevés d'après clichés aériens d'enceintes du Néolithique final languedocien.
- Fig. 6.3 Plan de l'enceinte de Mourral-Millegrand à Trèbes (Aude), détectée en avion et en cours de fouille.
- Fig. 6.4 Carte des enceintes fossoyées du Néolithique moyen chasséen dans le Midi de la France.
- Fig. 6.5 Carte des enceintes fossoyées du Néolithique final/Chalcolithique dans le Midi de la France.
- Fig. 7.1 Traitement graphique de limites parcellaires du cadastre Orange B.
- Fig. 7.2 Détection des limites parcellaires dans une photographie aérienne numérisée.
- Fig. 7.3 Extraction des périodicités d'un parcellaire dans une direction donnée (Languedoc oriental, centuriation Nîmes A).
- Fig. 7.4 Traitement numérique d'un extrait d'une image SPOT, représentant Orange, à droite, et la plaine rhodanienne, à l'ouest.

- Fig. 7.5 Filtrage directionnel et extraction des périodicités d'un secteur de la centuriation de Cesena (Italie), à partir d'une photographie aérienne des forces alliées, 30 juillet 1944.
- Fig. 8.1 Marzabotto (Bologna) : D.T.M. (Digital Terrain Model) and texture mapping of the aerial photograph.
- Fig. 8.2 ARCTOS project : original aerial photograph of Rocca di Entella.
- Fig. 8.3 ARCTOS project : D.T.M. of Rocca di Entella.
- Fig. 8.4 ARCTOS project : 3D visualization and different information layers (explored archaeological sites).
- Fig. 8.5 3D model shading.
- Fig. 8.6 Digital classification of the aerial photograph. In the small square : sampling and visualization of an archaeological area.
- Fig. 8.7 3D visualization and landscape navigation.
- Fig. 8.8 Visualization of different cartographical layers. The 3D model is enhanced.
- Fig. 8.9 Processing multimedia and GIS data in 3D space.
- Fig. 9.1 Schematic flow-chart of the IGAPS integrated approach.
- Fig. 9.2 Schematization of the Global Position System.
- Fig. 9.3 Schematic picture of the principles underlying the gravity measurements.
- Fig. 9.4 Diagram of south-north magnetic profile produced by field of the earth combining with anomalous magnetic field of local feature.
- Fig. 9.5 Current line distortion generated by resistivity inhomogeneity (cavity).
- Fig. 9.6 Schematic picture of the SP source.
- Fig. 9.7 Basic principles of the IP method.
- Fig. 9.8 A source-receiver configuration for studying the induced electromagnetic effect.
- Fig. 9.9 Schematic view of the physical mechanism of the GPR source/target coupling effect.
- Fig. 10.1 Echelle des résistivités de quelques roches.
- Fig. 10.2 Forme et coefficients de quelques quadripôles usuels.
- Fig. 10.3 Résistivimètre RMCA 3 Septa-CNRS.
- Fig. 10.4 Traitement des résistivités relevées en travers d'un possible rempart antique d'Apamée (Turquie).
- Fig. 10.5 Prospection sur les restes d'un village médiéval dans le sud de l'Italie (fouilles G. Noyé, Ecole Française de Rome).
- Fig. 10.6 Schéma du système RATEAU pour l'acquisition automatique des données de résistivité.
- Fig. 10.7 Le sondage électrique (1) effectué sur le radier de fondation d'un palais achéménide montre une forte différence des résistivités (en ordonnées) avec celui effectué à l'extérieur (2) pour des écartements d'électrodes  $a$  entre 1 et 10 m (en abscisses).
- Fig. 10.8 Trois créations instrumentales du C.R.G. : a) Dispositif de quatre roues électrodes en ligne, sur le côté d'un véhicule pour enregistrement RATEAU; b) Prototype expérimental de quadripôle électrostatique à plaques métalliques; c) Prototype expérimental du SH3 montrant clairement les deux bobines inclinées d'émission et de réception aux extrémités.
- Fig. 11.1 Lees Rest, England. Survey by English Heritage, 1992.
- Fig. 11.2 Kirmington, England. Survey by English Heritage, 1990.
- Fig. 11.3 Empuries, Spain: magnetic survey of the Roman city of Empuries shows a large number of dark, linear, negative anomalies embedded in a very disturbed magnetic background.
- Fig. 11.4 Kirton Lindsey: magnetometer survey accompanied by a magnetic susceptibility survey.
- Fig. 11.5 Magnetometer survey with a fluxgate gradiometer in use.
- Fig. 11.6 Magnetic susceptibility survey using a single coil magnetic susceptibility meter with the measuring coil pressed onto the ground surface.
- Fig. 11.7 Magnetic susceptibility survey: readings being taken with a twin coil instrument.
- Fig. 12.1 Radargram recorded in the historical Centre of Como (I) with a G.S.S.I. SIR-3 system, 500 MHz monostatic antenna, 100 ns full scale range.
- Fig. 12.2 Radargram recorded at Padua (I) in the Cathedral square with a G.S.S.I. SIR-3 system, 500 MHz monostatic antenna, 80 ns full scale range.
- Fig. 12.3 Radargram recorded in the historical Centre of Padua (I) with a G.S.S.I. SIR-3 system, 500 MHz monostatic antenna, 80 ns full scale range.
- Fig. 12.4 Radargram recorded in the Neolithic site of Ripa Tetta (Fg-I) with a G.S.S.I. SIR-10 system, 100 MHz bistatic antenna, 100 ns full scale range.
- Fig. 12.5 Radargrams recorded in the medieval castrum of Castelseprio (Va-I) with a G.S.S.I. SIR-3 system, 500 MHz monostatic antenna, 60 ns full scale range.
- Fig. 12.6 Radargram and time-slice performed in the Sabine necropolis of Colle del Forno (Rome-I) with a G.S.S.I. SIR-10 system, 100 MHz bistatic antenna, profile full scale range 60 ns, time-slice calculated at 25 ns.
- Fig. 12.7 Radargram recorded in S. Chiara delle Murate church at Città di Castello (Pg-I), with a G.S.S.I. Sir-10 system, 500 MHz monostatic antenna, 40 ns full scale range.
- Fig. 12.8 Radargram recorded in Padua (I) Cathedral with a G.S.S.I. SIR-3 system, 500 MHz monostatic antenna, 80 ns full scale range.
- Fig. 13.1 Seismic refraction. A schematic plan of a seismic 'modulus' showing the usual aligned arrangement of the sources and the sensors.
- Fig. 13.2 Seismic refraction. A field record showing the amplified seismic signal as a function of time from a set of sensors.
- Fig. 13.3 Seismic refraction. Raypaths and traveltime curves for the two refractor cases
- Fig. 13.4 Seismic refraction. Seismic traces collected with triaxial geophones.
- Fig. 13.5 Seismic reflection.
- Fig. 13.6 Fan shooting technique : field layout and data interpretation.
- Fig. 13.7 Seismic tomography. Ray tracing covering the whole investigated section.
- Fig. 13.8 Travel time curves on a tomb.
- Fig. 13.9 Travel time curves on a buried masonry wall.
- Fig. 13.10 Fan shooting survey on tombs.
- Fig. 13.11 Rayleigh seismic detection of shallow abandoned mine shaft. (a) Seismic wave propagation paths; (b) Scan pattern layout on surface.
- Fig. 13.12 Comparison of diffraction wave propagation anomalies for reflected, refracted and rayleigh waves (the

- shaft is open to surface). (a) Diffracted wave amplitude versus scan angle; (b) Diffracted wave travel time versus scan angle.
- Fig. 13.13 Two way time section from a seismic reflection acquisition (top) with its geological interpretation (bottom).
- Fig. 13.14 Sources (circles) and geophones (triangles) field layout for seismic tomography (left) with resulting isovelocity map (right).
- Fig. 13.15 Schematic diagram illustrating basic assumptions in seismic refraction tomography.
- Fig. 13.16 Isovelocity map from seismic refraction tomography.
- Fig. 13.17 Suggested interpretation of map in Fig. 13.16.
- Fig. 14.1 SSW point of view of Monte Testaccio hill (Roma).
- Fig. 14.2 Bouguer anomalies map of Roma area (contour interval 0.250 mGal).
- Fig. 14.3 Residual anomalies map of Monte Testaccio hill.
- Fig. 14.4 Gravity profile and bidimensional model of Monte Testaccio hill.
- Fig. 14.5 Topographic map of tumulo (contour interval 2 m) with two cavities.
- Fig. 14.6 Bouguer anomaly (contour interval 0.005 mGal).
- Fig. 14.7 Cross-correlation. The cross-correlation values are higher and the absolute maximum is marked by a symbol. The isolines are correlated with the occurrence and the location of cavities.
- Fig. 15.1 Schematic comprehensive view of the two paraboloidal transducers of the echographic apparatus.
- Fig. 15.2 Block diagram of the electronic system used to power and control the spark gap in the transmitting transducer.
- Fig. 15.3 Frequency spectrum variation of the acoustic pulse by electrical capacitance change : (a)  $C_o = 40$  mF; (b)  $C_o = 360$  mF.
- Fig. 15.4 Section of the head of the receiving paraboloid and details of the setting mechanism for reaching the optimal focusing point.
- Fig. 15.5 Schematic diagram of the complete echographic apparatus in the field.
- Fig. 15.6 Schematic diagram of the geometry used to compute the impulse-response of the echographic system.
- Fig. 15.7 Impulse-response of the echographic system for different value of the parameter  $x_o$  (half distance between the centres of the transducers), for scanning both along the x axis and the y axis (dotted curves).
- Fig. 15.8 Sketch of the north-western Lazio area where is placed the 'Parco Archeologico Marturanum', Barbarano Romano (VT).
- Fig. 15.9 Picture of a part of the 'Parco Marturanum'. The exact point of the archaeological site, where the prospecting was carried out (the so-called *Bagno Romano*), is indicated by an arrow.
- Fig. 15.10 The so-called *Bagno Romano* is a room-shaped cavity some meters underground, accessible from the surface through a tunnel (Fig. 15.11).
- Fig. 15.11 The tunnel leading to the *Bagno Romano*.
- Fig. 15.12 Schematic diagram of the experiment for picking up the seismic signal at a depth of 3 m underground.
- Fig. 15.13 Acoustic pulse generated by the paraboloidal source at a depth of 3 m underground. Upper diagram : time domain; lower diagram : frequency domain.
- Fig. 15.14 Acoustic pulse generated by the paraboloidal source at a depth of 3 m underground and filtered by a 1000–2000 bandpass filter. Upper diagram : time domain; lower diagram : frequency domain.
- Fig. 15.15 Amplitude vs time for the acoustical signal reflected from the cavity as a function of the scanning distance.
- Fig. 15.16 The echographic apparatus above the *Bagno Romano* cavity, during the prospecting.
- Fig. 15.17 Comparison of the responses of the echographic apparatus (e) and geophone system (g) on a cavity, in the same experimental conditions.
- Fig. 16.1 Schematic representation of *dromos* chamber tomb.
- Fig. 16.2 Example of GPR profile corresponding to the position of the tomb. Field data (on the left); filtered data (on the right). SIR-10 equipped with 100 MHz antenna.
- Fig. 16.3 Example of GPR profile corresponding to the position of the *dromos*. Field data (on the left); filtered data (on the right).
- Fig. 16.4 GPR data. Example of time-slice representation of GPR signal amplitudes. 100 MHz antenna, time-slice at  $t = 25$  ns (twf).
- Fig. 16.5 Time-slice at  $t = 30$  ns (twf).
- Fig. 16.6 Time-slice at  $t = 40$  ns (twf).
- Fig. 16.7 Schematic representation of geoelectrical dipole-dipole array.
- Fig. 16.8 Examples of dipole-dipole pseudosection corresponding to the cavity (A) and to the *dromos* (B).
- Fig. 16.9 Geoelectric horizontal tomography, corresponding to the depth  $z = 1.5$  m.
- Fig. 17.1 Prospection magnétique à Ioc'h Landunvez. (a) Données brutes; (b) Après 'délignage'.
- Fig. 17.2 Prospection électrique à Neuvy sur Loire. Dispositif Wenner  $a = 1$  m. (a) Données brutes; (b) Après correction effet de zone des profils P0 à P15.
- Fig. 17.3 Prospection thermique à Lyon. (a) Sans élimination des points erronés; (b) Après correction par la médiane sur 3 points avec un seuil de 20.
- Fig. 17.4 Prospection électrique à Saint-Martin (Nièvre). (a) Données brutes; (b) Correction par recalage des profils les uns par rapport aux autres.
- Fig. 17.5 Prospection électrique à Champcelée (Nièvre). (a) Données brutes; (b) Après moyenne glissante sur 3 points dans la direction perpendiculaire aux profils.
- Fig. 17.6 Prospection électrique à Champcelée (Nièvre). (a) Données après amélioration locale du contraste et élimination de la régionale; (b) Agrandissement d'une *villa*; (c) Agrandissement d'une deuxième *villa*.
- Fig. 17.7 Prospection électrique à Champcelée (Nièvre). (a) Agrandissement à partir des données brutes (Fig. 17.5a); (b) Agrandissement de la même zone à partir des données après élimination du bruit (Fig. 17.5b).
- Fig. 18.1 A model for the interpretation of geoprospection data.
- Fig. 18.2 Boundary conditions affecting the recovery of archaeological information from geoprospection.
- Fig. 18.3 Soil phosphate profiles at Woolaw, Northumberland, showing clear distinctions between strata from different archaeological areas.
- Fig. 18.4 Scatter plot showing how soils from specific land use categories are distinctive when represented by two-dimensional projections using magnetic susceptibility and soil density.

- Fig. 18.5 Phosphate and magnetic susceptibility scores for samples from classified contexts at Shiptonthorpe. Habitation-Buildings samples were taken from inside known Roman buildings, Habitation-Surfaces samples came from surfaces outside them.
- Fig. 19.1 The location of Boeotia and sites mentioned in the text.
- Fig. 19.2 Sources of inorganic elements to the soil.
- Fig. 19.3 Surface sherd concentrations around sites in Boeotia, Greece (after Bintliff *et al.*, 1990).
- Fig. 19.4 Surface soil geochemical concentrations in Thespieae.
- Fig. 19.5 Surface soil geochemical concentrations at Hyettos.
- Fig. 19.6 The relationship between survey grids at VM70 showing information for surface tile, sherd concentrations and soil pits.
- Fig. 19.7 Tile concentration and magnetic susceptibility data in relation to other grids.
- Fig. 19.8 Surface soil geochemical concentrations at VM70
- Fig. 20.1 Ager Tarraconensis survey.
- Fig. 20.2 The density of pottery (expressed in sherds per ha) in tracts in the survey area.
- Fig. 20.3 Hyettos survey.
- Fig. 20.4 Hvar survey.
- Fig. 20.5 Hvar survey.
- Fig. 20.6 The approximate radius of significant field scatters surrounding archaeological sites in the Middle East (total sample : 19 settlements).
- Fig. 20.7 Hyettos survey.
- Fig. 20.8 Site CN2, visibility corrected ceramic data.
- Fig. 21.1 Derivation of a ploughsoil assemblage (B) for a hypothetical settlement site (A).
- Fig. 21.2 Conceptual model of the relationship between the identifiable variables which influence the composition of a particular pottery assemblage.
- Fig. 22.1 Prospection en carroyage : résultats des tests dans le secteur de Mèze (Hérault), pour la période gallo-romaine.
- Fig. 22.2 Prospection en carroyage : classement et interprétation des densités de mobilier, pour la période gallo-romaine.
- Fig. 22.3 Prospection en ligne à Calvisson (Gard) : classement et interprétation des densités de mobilier, pour la période gallo-romaine.
- Fig. 22.4 Graphe simplifié de l'arbre de la Classification Ascendante Hiérarchique calculée sur les résultats de l'AFC sur les seuls critères archéologiques.
- Fig. 22.5 Graphe du plan des axes 1 et 2 de l'AFC initiale sur les critères archéologiques (inertie de l'axe 1 : 7,74%; axe 2 : 6,31%) .
- Fig. 22.6 Carte des réseaux polarisés et linéaires en Lunellois, au haut empire.
- Fig. 23.1 Landsat MSS image acquired on 13 September, 1978.
- Fig. 23.2 Landsat TM image acquired on 18 March, 1986.
- Fig. 23.3 Landsat TM image acquired on 18 March, 1986.
- Infrared bands composite. Detected palaeochannels are drawn together with the position of sites with site names derived from Roman milestones.
- Fig. 23.4 The results of the 2D-modelling.
- Fig. 23.5 Two CMT recording hours at the base station.
- Fig. 23.6 The recording carried out by L'Aquila Geomagnetic Observatory at about the same time of the same day.
- Fig. 23.7 CMT map obtained by the inferior sensor.
- Fig. 23.8 CMT vertical gradient map.
- Fig. 23.9 CMT map corrected for time variations.
- Fig. 23.10 CMT map at 0.8 m level of the superior sensor.
- Fig. 24.1 Areas of systematic surface and geophysical survey.
- Fig. 24.2 Rigonce/Gradišnica. Comparison of results : left : soil resistivity survey; right : surface collection, separately all artefacts and building material.
- Fig. 24.3 Map of archaeological sites of Posavje.
- Fig. 24.4 Three examples of crop marks and soil marks recorded on vertical photographs.
- Fig. 24.5 Three levels of archaeological research in a transect.
- Fig. 24.6 Proposed procedures for the archaeological assessment of the area.
- Fig. 25.1 Vue du site des Girardes.
- Fig. 25.2 Localisation du site.
- Fig. 25.3 Positionnement du cadastre B d'Orange et des traces repérées sur photographies aériennes avec indices de sites.
- Fig. 25.4 Echantillonnages.
- Fig. 25.5 Vue du système tracté RATEAU en action sur le site.
- Fig. 25.6 Visualisation 3D de la microtopographie.
- Fig. 25.7 Corrélation entre microtopographie et distribution des artefacts.
- Fig. 25.8 Quantification, chronologie et structure du mobilier céramique antique.
- Fig. 25.9 Evolution de la distribution spatiale du mobilier céramique (nombre de fragments).
- Fig. 25.10 Distribution des matériaux de construction.
- Fig. 25.11 Distribution spatiale des amphores.
- Fig. 25.12 Distribution spatiale des indices d'activités. 12a : Dolium (poids en grammes); 12b : Scorries (nombre de fragments).
- Fig. 25.13 Prospection électrique.
- Fig. 25.14 Transects géochimiques. Taux de phosphate.
- Fig. 25.15 Distribution des phosphates sur la zone d'habitat.
- Fig. 25.16 Synthèse des données archéologiques, topographiques et géochimiques.

## LIST OF TABLES

- Table 1.1 Définition et échelle spatiale des différentes méthodes de prospection.
- Table 12.1 Formulae used in practical field measurement.
- Table 13.1 Average velocities of longitudinal waves for some typical rocks (Vutukuri, 1978).

## Addresses of Contributors

Alippi, A., Istituto di Acustica 'O. M. Corbino' (CNR),  
Via Cassia 1216, 00189 Roma (Italy)

Barisano, E., GEOSAT Technology, Antibes (France)

Barker, G., School of Archaeological Studies, University  
of Leicester, Leicester, LE1 7RH (UK)

Bintliff, J., Department of Archaeology, University of  
Durham, Dawson Building, Science Site, South Road,  
Durham DH1 3LE (United Kingdom)

Cammarano, F. R., Institute of Technologies Applied to  
Cultural Heritage, National Research Council, Rome  
(Italy)

Cannelli, G.B., Istituto di Acustica 'O. M. Corbino'  
(CNR), Via del Fossa del Cavoliere, 00133 Roma (Italy)

Cavalli, R.M., CNR Istituto Sperimentale Talassografico,  
Spianata S. Raineri, 98122 Messina (Italy) – Università  
degli studi di Milano, Dipartimento Scienza della Terra

Charraut, D., Laboratoire d'Optique P.M. Duffieux,  
Université de Franche-Comté – CNRS (URA 214 du  
CNRS, UFR des Sciences et des Techniques) (France)

Clogg, P., Department of Archaeology, Durham  
University (United Kingdom)

D'Ottavi, E., Istituto di Acustica 'O. M. Corbino' (CNR),  
Via Cassia 1216, 00189 Roma (Italy)

Deidda, G.P., Research Engineer of Applied Geophysics  
at the Faculty of Engineering and Dipartimento di  
Ingegneria del Territorio, Cagliari University (Italy)

Di Filippo, M., Dipartimento di Scienze della Terra,  
Università degli Studi 'La Sapienza', Roma (Italy)

Di Maio, R., Department of Geophysics and Volcanology,  
University 'Federico II', Naples (Italy)

Druelle, P., Equipe de prospection géophysique,  
Association pour les Fouilles Archéologiques Nationales  
(France)

Ducomet, G., Ministère de la Culture, responsable de  
l'équipe de prospection géophysique (France)

Favory, F., Université de Franche-Comté (UFR des  
Sciences du Langage, de l'Homme et de la Société)  
(France) and Archéologie de l'espace rural méditerranéen  
(GDR 954), CNRS (France)

Finzi, E., Dipartimento di Geologia, Paleontologia e  
Geofisica, Università degli Studi di Padova, via Rudena  
3, 35123 Padova (Italy)

Forte, M., NRC, Area della ricerca di Roma, via Salaria  
km 29, 300, 00016 Monterotondo (Italy)

Grosman, D., Univerza v Ljubljani, Filozofska Fakulteta,  
Oddelek za arheologijo, 61001 Ljubljana, p.p.580  
(Slovenia)

Hesse, A., Centre de Recherches Géophysiques (UMR  
7619), CNRS, Garchy 58150 Poilly-sur-Loire (France)

Jones, B., deceased July 1999. Previously of University  
of Manchester (United Kingdom)

Jordan, D., Terra Nova Ltd, Audley House, Northbridge  
Road, Berkhamsted HP4 2EF (United Kingdom)

Leveau, Ph., Centre Camille Jullian (Unité Mixte de  
Recherche 9968 du CNRS) – Maison Méditerranéenne  
des Sciences de l'homme, 5 rue du Chateaux de  
l'Horloge, BP 647, 13094 Aix-en-Provence Cedex 2  
(France)

Marchisio, E., Istituto di Costruzioni Stradali e Trasporti,  
Università degli Studi di Pisa, via Diotisalvi 2, 56100 Pisa  
(Italy)

- Marcolongo, B., Institute of Applied Geology, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), 35127 Padova (Italy)
- Mariat, J.-P., Equipe de prospection géophysique, Association pour les Fouilles Archéologiques Nationales (France)
- Marino, C.M., Progetto CNR-LARA, Via Monte D'Oro 11, 00040 Pomezia, Roma (Italy) – Università degli Studi di Milano, Dipartimento Scienze della Terra (Italy)
- Mattingly, D.J., School of Archaeological Studies, University of Leicester, Leicester, LE1 7RH (UK)
- Mauriello, P., Department of Geophysics and Volcanology, University 'Federico II', Naples (Italy)
- Millett, M., Department of Archaeology, University of Southampton, Highfield, Southampton, SO17 1BJ (United Kingdom)
- Pasquinucci, M., Dipartimento di Scienze Storiche del Mondo Antico, Università degli Studi di Pisa, via Galvani 2, 56100 Pisa (Italy)
- Patella, D., Institute of Technologies Applied to Cultural Heritage, National Research Council, Rome (Italy) and Department of Geophysics and Volcanology, University 'Federico II', Naples (Italy)
- Pignatti, S., Progetto CNR-LARA, Via Monte D'Oro 11, 00040 Pomezia, Roma (Italy) – CNR Istituto Metodologia Avanzate Analisi: Ambientali, 85050 Tito Scalo (Potenza) (Italy)
- Piro, S., Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali, CNR, c.p.10, 00016 Monterotondo Sc. (Roma) (Italy)
- Pranzini, E., Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Firenze, via La Pira 4, 50121 Firenze (Italy)
- Raynaud, C., Sociétés de la Protohistoire et de l'Antiquité en France méditerranéenne (UMR 154) – GDR 954, CNRS (France)
- Rimington, J.N., Department of Archaeology, University of Durham, Dawson Building, Science Site, South Road, Durham DH1 3LE (United Kingdom)
- Ruspanini, T., Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi 'La Sapienza', Roma (Italy)
- Sambuelli, L., Associate Professor of Applied Geophysics at the Faculty of Engineering, Cagliari University
- Tabbagh, J., Centre de Recherches Géophysiques, CNRS, Garchy (France)
- Taylor, J., School of Archaeological Studies, University of Leicester, Leicester, LE1 7RH (UK)
- Tonelli, A., Studio tecnico di telerilevamento e geofisica, via Miramonti 4, 38068 Rovereto (TN) (Italy)
- Toro, B. Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi 'La Sapienza', Roma (Italy)
- Trément, F., Maître de Conférences, Centre de Recherches sur les Civilisations Antiques, Université de Clermont-Ferrand II – Blaise Pascal (France)
- Vaquer, J., CNRS – EHESS (Unité Mixte de Recherche 150), Toulouse (France)
- Versino, L., Institute of Technologies Applied to Cultural Heritage, National Research Council, Rome (Italy)
- Vigna Guidi, G., CNR, Istituto per la Chimica del Terreno, via Corridoni 78, 56125 Pisa (Italy)

# 1. L'apport des méthodes non-destructives à l'analyse des sites archéologiques: le point de vue de l'archéologue

*Frédéric Trément*

## PROBLÉMATIQUE

La recherche paléodémographique que le programme POPULUS vise à promouvoir est un domaine encore peu exploré, réservé jusqu'ici aux historiens et aux anthropologues. Avec l'éclosion et l'essor récent d'une archéologie de l'espace et du paysage, le champ des préoccupations de l'archéologue s'est considérablement élargi, les questions de peuplement n'étant plus seulement perçues à travers une succession de phases culturelles selon le schéma rupture/continuité mais aussi dans leur extension spatiale. La multiplication des approches microrégionales, diachroniques et pluridisciplinaires visant à restituer les systèmes agraires anciens a permis d'élargir la problématique traditionnelle des ressources disponibles et de l'approvisionnement (*site catchment analysis*) en posant la question des équilibres successifs entre populations et ressources dans un territoire donné (Trément, 1999a). Du même coup s'est fait jour la nécessité d'évaluer plus précisément les populations anciennes d'un point de vue quantitatif (nombre d'habitants, évolution) et qualitatifs (structure de la population, répartition spatiale) (Trément, 1999b).

La prospection est, avec les documents écrits et les données de l'anthropologie, la source d'informations la plus pertinente puisqu'elle permet de restituer l'évolution de l'occupation du sol dans un secteur donné à travers le recensement (plus ou moins systématique) des vestiges d'implantations humaines. Lorsque la confrontation avec des données chiffrées anciennes (recensements) est possible, de relatives les estimations sont susceptibles de devenir absolues. D'autres types de sources peuvent également être mises à contribution, tel que l'étude anthropologique des nécropoles ou, indirectement, les disciplines paléo-écologiques, qui permettent de saisir l'impact de l'homme sur le milieu (crises d'érosion, déséquilibres dans l'approvisionnement). Mais seules les techniques de prospection seront envisagées ici, dans leur éventail le plus large, et d'un point de vue méthodologique.

La question posée au groupe de travail de Pise est celle de la représentativité des données de prospection. Le but est:

- de réfléchir sur l'apport des méthodes d'investigation modernes du sous-sol à partir de la surface (prospection géophysique et géochimique) ou à distance de la terre (prospection aérienne, télédétection);
- de réfléchir sur la possibilité d'évaluer la représentativité des prospections à travers une confrontation systématique des données de surface et de fouilles;
- de réfléchir sur la possibilité de développer des protocoles pour une application plus systématique de ces méthodes à l'archéologie du peuplement.

## PROBLÈMES D'ÉCHELLE ET DE RÉOLUTION

Les techniques utilisables, de plus en plus diversifiées, peuvent être regroupées en cinq catégories principales:

- la télédétection;
- la prospection aérienne;
- les méthodes géophysiques;
- les méthodes géochimiques;
- la prospection au sol.

Deux remarques s'imposent: – d'une part, ces techniques ne peuvent être appliquées aux mêmes ordres de faits; – d'autre part, les informations qu'elles sont susceptibles de fournir sont de nature différente. Le problème est à la fois celui de l'échelle spatiale considérée et celui de la résolution des images fournies par chacune de ces méthodes. D'une manière générale, la superficie étudiée est inversement proportionnelle à la définition de l'image obtenue. Le Tableau 1 rend compte des ordres de grandeur.

### *Le choix de l'échelle de travail*

C'est le choix de l'échelle de travail adoptée qui détermine en premier lieu celui des techniques utilisables. On distinguera deux niveaux de la recherche correspondant à deux échelles spatiales distinctes:



| TECHNIQUE DE PROSPECTION      | DEFINITION | SUPERFICIE                      | ECHELLE SPATIALE                |
|-------------------------------|------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Télé-détection satellitaire   | 10 m       | Millions km <sup>2</sup>        | Régionale                       |
| Photo satellitaire            | 3 m        | Milliers km <sup>2</sup>        | Régionale/microrégionale        |
| Radar aéroporté               | 1-2 m      | Centaines km <sup>2</sup>       | Régionale/microrégionale        |
| Photo-interprétation          | 1 m        | Centaines km <sup>2</sup>       | Régionale/microrégionale        |
| Thermographie                 | 1-2 m      | Centaines km <sup>2</sup>       | Régionale/microrégionale/locale |
| Prospection aérienne          | 0,50 m     | Centaines km <sup>2</sup>       | Régionale/microrégionale/locale |
| Echantillonnage de surface    | 1-10 m     | Km <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> | Microrégionale/locale           |
| Méthodes sismiques            | 1-10 m     | Milliers m <sup>2</sup>         | Microrégionale/locale           |
| Géoradar                      | 0,50 m     | Milliers m <sup>2</sup>         | Locale                          |
| Prospection électrique        | 0,25 m     | Milliers m <sup>2</sup>         | Locale                          |
| Prospection magnétique        | 0,50 m     | Milliers m <sup>2</sup>         | Locale                          |
| Prospection électromagnétique | 0,50 m     | Milliers m <sup>2</sup>         | Locale                          |
| Microgravimétrie              | 0,50-1 m   | Dizaines m <sup>2</sup>         | Locale                          |
| Géochimie                     | 0,50 m     | Milliers m <sup>2</sup>         | Locale                          |

Tableau 1.1 : Définition et échelle spatiale des différentes méthodes de prospection.

- l'espace dans lequel s'insèrent les sites et l'activité du prospecteur, qui peut lui-même être appréhendé à des échelles différentes (locale, micro-régionale, régionale...), et dont l'étude a pour but de déterminer la densité, la répartition et l'organisation du peuplement;
- le site archéologique dont il convient de déterminer les caractéristiques majeures.

La première approche peut concerner un espace très limité (une unité paysagère réduite tel qu'un vallon, les abords d'un site fouillé), une micro-région (quelques dizaines de km<sup>2</sup>) ou une région dans son ensemble (plusieurs centaines ou milliers de km<sup>2</sup>). Dans les différents cas, l'intensité de la prospection ne sera pas la même, ni ses modalités (nécessité d'échantillonner pour les grands espaces). Les techniques mises à contribution seront la télé-détection, la prospection aérienne et la prospection au sol avec échantillonnage. D'un point de vue paléodémographique, le problème posé à cette échelle est d'évaluer le nombre de sites qui, au regard de la superficie considérée, donnera une idée de la densité du peuplement, par confrontation avec d'autres secteurs d'étude. Il s'agit bien évidemment là d'un point de vue théorique qu'il faut immédiatement nuancer: tous les sites observés ne sont pas contemporains et tous n'ont pas la même importance en terme de peuplement. Il est nécessaire, à ce niveau, de passer à l'échelle inférieure.

Si l'on considère le site lui-même, toujours du point de

vue paléodémographique, l'objectif est d'appréhender un certain nombre de paramètres significatifs: superficie, organisation, fonction et durée d'occupation. L'éventail des méthodes utilisables englobe la prospection aérienne, les méthodes géophysiques et géochimiques, ainsi que la collecte du matériel de surface. Les problèmes d'échelle ne sont pas évacués pour autant: l'exploration d'une agglomération de plusieurs dizaines d'hectares est évidemment plus complexe que celle d'un petit établissement rural de quelques milliers de m<sup>2</sup>. Dans les deux cas, une stratégie doit être définie.

#### Les contraintes de résolution

Le choix des techniques est également dicté par la résolution des images susceptibles d'être obtenues. Les images fournies par le satellite français Spot ont actuellement une résolution optimale de 10 m, ce qui en limite l'usage à l'étude des sites archéologiques les plus vastes (Marcolongo et Barisano, dans ce volume). Les photographies de la surface de la terre prises depuis la station russe Soyouz KFA 3000 ont en revanche une définition de 3 m, offrant un excellent compromis entre l'échelle spatiale appréhendée et la précision des images obtenues. Mais on est en droit de se demander en quoi, véritablement, celles-ci peuvent apporter plus que les traditionnelles photographies aériennes verticales; d'autre part, elles ne présentent pas toutes les possibilités de traitement offertes par les images radar, en particulier celle

de 'voir' à travers les strates supérieures de végétation et de sous-sol.

La prospection aérienne présente le double avantage d'une résolution très fine (celle de l'œil ou de la photographie à basse altitude) et d'une couverture large à faible coût. Mais elle pose des problèmes de représentativité liés à la multiplicité des facteurs conditionnant la production des images de surface (ce qui nécessite une fréquentation prolongée de la zone étudiée, une multiplication des vols et finalement une forte consommation de temps), particulièrement en milieu méditerranéen où les conditions de lecture sont extrêmement variables (topographie accidentée, comblements importants, végétation très diversifiée). C'est ce qui explique que l'avion ait été si inégalement utilisé en Europe méditerranéenne, en comparaison des travaux remarquables effectués en Grande-Bretagne ou dans le Centre, le Nord et l'Ouest de la France. En outre, l'information fournie par ce mode de prospection est limitée à l'aspect morphologique des sites, la prise en compte des autres aspects (tel que la chronologie) nécessitant une vérification systématique au sol (Jones et Vaquer, dans ce volume). Les atlas de *villae*, par exemple, ont fait relativement peu évoluer la problématique des campagnes antiques en donnant de ces dernières une image monolithique, oblitérant les autres formes d'habitat rural.

Les méthodes de prospection géophysiques et géochimiques sont particulièrement adaptées à l'étude des sites invisibles en prospection aérienne. Leur résolution est modulable à volonté en fonction de la superficie à explorer et du type d'information attendue: elle dépend uniquement du pas de mesure adopté. Le problème, pour le prospecteur, est de trouver le meilleur rapport entre finesse de l'image obtenue et temps nécessaire pour couvrir un espace donné. Des procédures d'acquisition et d'enregistrement automatisées ont été développées au cours des dernières années (Hesse, dans ce volume). Le système RATEAU, par exemple, est utilisé de manière systématique sur le tracé du futur TGV-Méditerranée (Trément dir., dans ce volume). La lenteur des analyses géochimiques a également été surmontée grâce à la mise au point de nouveaux protocoles (Taylor, dans ce volume).

Enfin, il est très difficile d'évaluer la résolution des méthodes de ramassage de surface tant les conditions de dépôt et de lecture sont variables d'un site à l'autre (et même d'un endroit à l'autre sur un même site) (Trément dir., dans ce volume).

#### LES APPROCHES À L'ÉCHELLE RÉGIONALE OU MICRORÉGIONALE

Les méthodes de la télédétection sont parfaitement adaptées aux approches à l'échelle régionale ou microrégionale. La télédétection recouvre toute une série de techniques qui opèrent sur des supports, à des échelles et avec des définitions très variables. On distinguera trois

niveaux d'analyse en fonction des techniques utilisées et des objets étudiés: – les recherches portant sur l'environnement actuel, susceptibles de fournir un cadre paysager aux données de prospection, et de faire l'objet d'une approche régressive par confrontation avec les sources historiques, cartographiques ou paléoenvironnementales; – les recherches sur les parcellaires anciens et les centuriations, qui constituent déjà des objets archéologiques en soi; – enfin, les tentatives d'analyse des implantations humaines elles mêmes, qui posent actuellement des problèmes de résolution incontournables.

#### *Les images satellitaires*

L'utilisation des images satellitaires à des fins archéologiques demeure encore très embryonnaire. Elle a porté essentiellement sur les zones arides ou semi-arides, telle l'étude d'Y. Poncet sur la région d'Agadez au Niger, visant à préparer une campagne de prospection au sol et à étudier l'environnement actuel (pour le comparer avec les données paléoenvironnementales) dans un secteur du désert sahélo-saharien dépourvu de toute cartographie détaillée (Poncet, 1985).

Parfois, une collaboration s'est nouée avec les archéologues dans le but de reconstituer des territoires. Ainsi les images Landsat MSS et TM ont été utilisées dans la plaine de Grosseto parallèlement à la documentation historique, la cartographie ancienne, les données géologiques et géomorphologiques pour déceler des corrélations et des évolutions (Maselli *et al.*, 1988). Dans la plaine de Pise et dans la vallée de l'Albegna, les géographes ont tenté de corréler spectre et granulométrie des sols en utilisant simultanément les images Landsat TM et des sondages électriques (Gabbani *et al.*, 1992; 1994; Marchisio *et al.*, dans ce volume). Télédétection satellitaire, photo-interprétation, géomorphologie et prospection archéologique ont également été étroitement associées dans la basse vallée du Pô (Barisano *et al.*, 1984; Barisano et Marcolongo, 1987; Marcolongo et Zaffanella, 1987). Pour la France, on citera en dernier lieu l'article de M. Guy et J. Delézir (1993) sur l'*Apport du traitement numérique et des images satellitaires à la connaissance des parcellaires antiques*, qui s'inscrit dans la perspective d'une approche morphologique des paysages.

Les aspects méthodologiques ont été largement développés par les auteurs. R. Cassinis (1991), dans une réflexion sur les possibilités d'intégration de la télédétection et des moyens de prospection géophysique en archéologie, aborde successivement le problème des échelles spatiales, les types de satellites, de spectres (infrarouge photographique, infrarouge thermique, radar...) et aboutit à une double conclusion: – d'une part, le terrain d'application privilégié de ces méthodes se limite pour l'instant strictement aux contextes arides; – d'autre part, il est indispensable d'intégrer images satellitaires et images obtenues à basse altitude. La même conclusion

s'impose aux yeux de G. Del Pero et A.M. Tonelli (1990), qui insistent sur la complémentarité des deux éventails de techniques en termes d'échelle: tandis que les images fournies par les satellites peuvent permettre une approche environnementale du potentiel archéologique, la photo-interprétation autorise une approche détaillée de petites superficies de territoire directement accessibles aux prospecteurs.

Les possibilités d'une application directe des images satellitaires à l'analyse des sites archéologiques ne sont toutefois pas exclues, comme le montrent les résultats de recherches effectuées sur des réseaux de canaux en Amérique latine (Renfrew, 1993), sur les temples d'Angkor ou sur des sites préhistoriques d'oasis au Yémen (Cleuziou *et al.*, 1992). L'amélioration considérable de la résolution obtenue grâce à l'antenne SIR-C/X-SAR et aux cartographies interférométriques laisse de grands espoirs. La question est de savoir en quoi l'usage du satellite constitue un apport réel par rapport à la classique photo-interprétation d'images aériennes verticales. Dans le cas des temples d'Angkor, l'intérêt de l'image radar est de passer à travers le filtre constitué par l'épaisse végétation tropicale. Il en va de même pour les temples et les canaux d'Amérique centrale. Mais en milieu méditerranéen, qu'en est-il exactement? La solution pourrait venir, provisoirement, de l'utilisation des photographies à haute résolution (3 m) fournies par la station russe Soyouz KFA 3000. Celles-ci sont exploitées par Br. Marcolongo pour le Turkménistan (Marcolongo et Barisano, dans ce volume).

### La photo-interprétation

La photo-interprétation française, auréolée du prestige de l'école de Besançon, est davantage tournée vers l'approche morphologique des paysages que vers des problématiques strictement archéologiques (Chouquer et Favory, 1981). Elle est associée à la mise en évidence de nombreuses centuriations romaines et, plus récemment, de parcelles protohistoriques et médiévaux (Chouquer, 1985; Chouquer et Klijn, 1989; Guy et Passelac, 1991; Charrat et Favory, dans ce volume). Ce courant de la recherche s'est intensifié dans les régions méditerranéennes (Provence, Languedoc) – voir par exemple la thèse soutenue par A. Pérez (1993) – et connaît actuellement un vif succès en Espagne (travaux de E. Arino-Gil, 1990; P. Saez-Fernandez, 1990; A. Orejas, 1991). G. Chouquer (1993) en dresse le tableau dans la chronique *Parcelles, cadastres et paysages* de la *Revue Archéologique du Centre de la France*. En outre, la première moitié du numéro 26 de la *Revue Archéologique de Narbonnaise* est consacrée aux cadastres.

Je me limiterai à évoquer trois orientations actuelles de la recherche dans ce domaine, étroitement liées et susceptibles d'intéresser notre problématique: – d'une part, le recours de plus en plus fréquent à la fouille de *limites* (parcelles antiques et médiévaux de Marne-la-Vallée, de la moyenne vallée de l'Oise, du Finage, du Lyonnais,

de Lunel 'Dassargues'); – d'autre part, l'étude de la relation parcellaire-habitat, soit de manière globale dans les approches spatiales (vallée du Rhône, Languedoc), soit par la fouille (vallée de l'Oise, Lunellois, Vaisonnaï); – enfin, l'intégration nouvelle de ce type d'approche morphologique du paysage dans les grandes opérations d'archéologie préventive. L'exemple du TGV est sur ce point remarquable. La prolongation de la ligne TGV-Méditerranée au sud de Valence en direction du Languedoc et de la Provence a permis à G. Chouquer de mettre en œuvre un projet d'analyse diachronique des formes du paysage. L'intérêt de ce type d'approche linéaire est de recouper une multitude d'unités de paysage différentes et représentatives à l'échelle interrégionale. Dans le même ordre d'idées, on citera également le projet *Archéologie des autoroutes en Slovaquie* (Grosman, dans ce volume).

### Les autres techniques de télédétection aéroportées

La télédétection aéroportée ne se résume pas à la seule photo-interprétation. D'autres techniques ont également été utilisées pour le repérage et l'identification de structures archéologiques enfouies sous terre ou immergées et liées à des implantations humaines (infrarouge, thermographie, radar). Je prendrai l'exemple de la thermographie, dont le succès à déceler des anomalies correspondant non seulement à des implantations anciennes, mais aussi à des parcelles fossiles, a été largement démontré par l'équipe du Centre de Recherches Géophysiques de Garchy (Tabbagh, 1973; 1977; 1978; 1983; Tabbagh et Hesse, 1991; Fourteau et Tabbagh, 1979; Périsset et Tabbagh, 1981). En Italie, la thermographie s'est avérée particulièrement efficace, tant en contexte rural qu'urbain. Les travaux d'A.M. Tonelli sur les nécropoles étrusques sont bien connus. Celui-ci est également intervenu en Toscane (Pise), en Vénétie, à Cuneo, dans la région d'Ancone, en Sardaigne (Perfugas) et dans le Nord-Ouest de la Sicile (Del Pero et Tonelli, 1990; Tonelli, dans ce volume). Les recherches d'E. Barisano et Br. Marcolongo sont également exemplaires (voir en dernier lieu Marcolongo et Barisano, dans ce volume). S. Diceglie a appliqué avec succès la thermographie à basse altitude sur l'acropole et le forum d'Egnazia (Brindisi) (Diceglie, 1984; 1989), sur le château de Charles V à Monopoli (Diceglie, 1990), également sur les cercles de pierre de Lampéduse (Diceglie, 1992). A Egnazia, les résultats de la thermographie ont été systématiquement vérifiés par la fouille et les corrélations analysées. A Monopoli, la méthode a permis de mettre en évidence l'état de dégradation de l'édifice médiéval et de proposer des solutions pour sa restauration. A Largo Palmieri, S. Diceglie et A. Tonelli (1994) ont également utilisé simultanément la thermographie à basse altitude et le géoradar pour individualiser des murs, des citernes et des abris enfouis, évaluer l'état de dégradation des structures médiévales et préciser la position des niveaux d'occupation les plus anciens. On peut encore signaler

l'application faite par R. Vigliotti (1990) à la détection des cavités directement à partir de la surface et avec un simple appareil photographique.

Les systèmes radar aéroportés peuvent également faire l'objet d'applications archéologiques. Je pense tout particulièrement au système SLAR (Sideways Looking Airborne Radar) (Cavalli *et al.*, dans ce volume). Dans le golfe de Naples, les images multispectrales obtenues avec un Daedalus CZCS ont permis d'individualiser des vestiges romains immergés (Talice et Capraro, 1994).

Il y a donc beaucoup à espérer des développements prochains des différentes techniques de télédétection, dont l'intérêt majeur est le confort d'accès aux données et la souplesse des changements d'échelle.

## L'APPROCHE SITOLOGIQUE

L'un des objectifs du groupe de recherche de Pise étant d'examiner la relation entre images de surface et données de fouille, il convient de s'intéresser plus précisément aux sites, de définir en quoi ils sont porteurs d'une information paléodémographique et comment cette information peut être recueillie. Il est clair que l'éventail des techniques considérées n'est susceptible d'apporter une information démographique que si l'analyse porte sur la typologie des sites: en effet, ce n'est pas tant le nombre ou la densité des implantations qui importe que leur nature et leur datation. Or un certain nombre d'informations sont accessibles à partir de la surface. On peut en retenir quatre principales.

### *La superficie*

La superficie apparente des sites prospectés est à la base de la plupart des typologies de l'habitat élaborées jusqu'à ce jour. Mais ce descripteur doit être utilisé avec prudence. Pour des motifs techniques tout d'abord: si la superficie d'un site correspond pour le prospecteur à la distribution spatiale des artefacts qui en signalent la présence en surface, les conditions topographiques, l'activité érosive, l'histoire des façons culturelles qui ont affecté ce lieu précis constituent autant de facteurs de distorsion de l'image superficielle. Des phénomènes de colluvionnement peuvent expliquer la dispersion parfois considérable d'artefacts issus d'un même site. L'apport de la photographie aérienne, des méthodes géophysiques et géochimiques est donc du plus grand intérêt pour définir précisément les limites d'un établissement. Une confrontation systématique avec la distribution superficielle des artefacts devrait permettre de relativiser les valeurs de superficie (artificiellement exagérées) sur lesquelles se basent la plupart des découpages typologiques actuels (Trément *dir.*, dans ce volume).

A ces motifs s'ajoute une autre considération d'ordre méthodologique: l'approche de l'habitat par les superficies n'intègre pas le facteur diachronique. Les archéologues anglo-saxons ont tenté de remédier à ce problème en

cartographiant séparément, sur un site donné, les artefacts caractéristiques de chaque phase d'occupation, définissant ainsi ce que l'on pourrait commodément appeler des chrono-zones (Bintliff et Snodgrass, 1988a; 1988b). Cette démarche est rarement pratiquée en France; cela s'explique par la lenteur d'une telle procédure. Il faut donc se résigner le plus souvent à considérer l'étendue maximale du site sur la durée totale de son occupation, faute de pouvoir saisir le détail de son évolution topographique.

Enfin, la troisième série de réserves concerne la signification et l'interprétation même du critère de superficie, puisque celui-ci débouche sur l'idée d'une hiérarchie de l'habitat en fonction de sa taille. Or une hiérarchisation ou même une simple classification ne peuvent être valablement fondées sur des critères purement quantitatifs: à la limite, et pour prendre un exemple très schématique, le descripteur serait inapte à déceler la différence entre une grosse ferme de tradition indigène et une petite *villa*. On pressent évidemment le lien qui unit dimension de l'habitat, importance économique et statut social des propriétaires, mais ce lien n'a rien de systématique et il faudrait bien se garder de confondre exploitation (agricole) et propriété (foncière).

### *Le plan*

Le plan des sites constitue un deuxième élément d'interprétation accessible à la plupart des méthodes géophysiques et à la prospection aérienne. Le recours à la typologie des formes de l'habitat (plans orthogonaux ou irréguliers, *villae* ou établissements indigènes) et l'identification de structures caractéristiques (fossés, thermes, péristyles) autorisent une interprétation fonctionnelle permettant non seulement une classification des établissements dans un espace donné, mais aussi une meilleure compréhension de leur organisation interne. D'un point de vue paléodémographique, il est important de savoir, au sein d'une implantation, quels étaient les espaces habités et ceux qui étaient voués aux activités productives.

### *La (les) fonction(s)*

Le critère précédent est étroitement lié à l'aspect fonctionnel du site, qui peut être déduit non seulement du plan mais aussi de l'utilisation d'un certain nombre de techniques géophysiques et géochimiques, ainsi que, bien évidemment, des ramassages de surface. Pour prendre un exemple simple, un atelier de forge se manifestera en surface par 1) une concentration de scories pour le prospecteur, 2) une élévation locale du champ magnétique pour le géophysicien 3) et/ou une augmentation des traces d'éléments ferreux pour le géochimiste. L'étude systématique du mobilier de surface et de sa répartition spatiale permet, lorsqu'il est suffisamment abondant, d'aller assez loin dans l'interprétation: si la présence de vaisselle fine et commune atteste le plus souvent une

activité domestique, j'ai pu montrer, dans la région de Saint-Blaise (Bouches-du-Rhône, France), la pertinence des rapports *vaisselle / amphores* et *céramiques fines / céramiques communes* en termes d'activités et de statut social (Trément, 1994). La liste des indicateurs d'activité n'a pas de limites: – pour l'agriculture, les plus fréquents sont les débris de meule, de dolium et d'amphores, auxquels on peut ajouter les tessons roulés dispersés dans les champs en même temps que les fumures; – pour l'artisanat textile, les fusaïoles par exemple; – pour la pêche, les poids de filets... L'apport des méthodes géophysiques se limite pour l'instant à la détection des discontinuités dans le champ magnétique liées aux variations de la teneur en oxydes de fer contenus dans le sous-sol proche. En revanche, on attend beaucoup des méthodes de prospection géochimiques, basées sur le dosage d'éléments-traces dont la liste ne cesse de s'élargir (Taylor et Rimmington, dans ce volume): aux phosphates s'ajoute en effet aujourd'hui un éventail de plus en plus ouvert de métaux lourds dont la présence, en quantité anormale dans le sol, est susceptible de correspondre à des activités spécifiques (dépotoirs, sépultures, artisanat métallurgique, fossés, zones d'épandage de fumures...). Ces méthodes – pourtant couramment utilisées par les préhistoriens et les environnementalistes – n'ont pas encore été appliquées à la prospection archéologique en Europe méditerranéenne, en dehors des récents travaux de J. Bintliff en Béotie (Bintliff *et al.*, 1992; Bintliff, 1992; dans ce volume). La seule exception, à ma connaissance, est en France l'application systématique des dosages de phosphate sur le tracé de l'autoroute A71 dans le département du Cher (Fourteau, 1986). Mais le but était seulement de trouver des sites destinés à la fouille dans le cadre d'une opération de sauvetage programmée. Les résultats ont d'ailleurs été décevants en comparaison de ceux obtenus en Hollande dans les polders d'Assendelft (Brandt, 1986). L'intérêt de la prospection géochimique est par ailleurs son aptitude à mettre en évidence des sites complètement détruits (par les labours, l'érosion) ou des activités imperceptibles à la fouille et décelables uniquement par leur signature géochimique.

### La chronologie

Enfin, la chronologie des sites repérés en prospection est un aspect fondamental de la recherche paléodémographique. En effet, les calculs de densité de peuplement dans un secteur donné se basent trop souvent sur des datations 'larges' des sites prospectés, qui une fois pointés sur une carte paraissent contemporains alors 1) qu'ils ont pu se succéder dans le temps; 2) ou bien n'avoir fonctionné que de manière saisonnière (en liaison avec certaines pratiques agricoles, la transhumance ou encore la chasse) ou même sporadiquement (refuges). Toutefois, l'approche chronologique des sites prospectés étant en grande partie basée sur la typologie du mobilier céramique, cet aspect de la recherche sera laissé au groupe de Sienna.

J'insisterai seulement sur la nécessité de traiter dans son intégralité l'information chronologique présente à la surface des sites. La prise en compte d'une seule catégorie de mobilier – tel que les céramiques fines par exemple – peut entraîner une sous-représentation de certaines périodes et créer ainsi des biais dangereux pour l'interprétation historique (Roberto *et al.*, 1985; Millett, dans ce volume; Trément, 1999c).

### DU SITE À LA TYPOLOGIE

La multiplication des études de terroirs est à l'origine d'une réflexion sur la notion de 'site' et, de manière consécutive, sur les questions de typologie (Leveau, dans ce volume). Cette préoccupation a été clairement exprimée dans les années 80 à travers une série de colloques et de tables rondes, dont la plus importante est assurément, pour la France, la table ronde qui s'est tenue à Paris les 14 et 15 mai 1982, sous la direction conjointe d'A. Ferdière et d'E. Zadora-Rio (1986), sur le thème: *La prospection archéologique. Paysages et peuplement*. La présence d'E. Zadora-Rio – médiéviste – aux côtés d'un antiquiste était déjà révélatrice d'un souci de diachronie. D'autre part, tout l'éventail des méthodes de prospection, d'échantillonnage de surface, d'investigation géophysique et géochimique était représenté. Enfin, la définition même du programme conférait à la prospection un statut en quelque sorte autonome vis-à-vis de la fouille. Les actes de cette table ronde, publiés dans les *Documents d'Archéologie Française*, sont désormais une référence indispensable pour qui s'intéresse de près ou de loin à la prospection. Dès l'introduction, E. Zadora-Rio (1986) aborde la question de *La prospection archéologique et l'évolution de la notion de site*, soulignant la multiplicité des définitions dès lors que l'on passe du champ de la fouille à celui de la prospection.

En 1984, la table ronde organisée à Paris par l'Ecole Française de Rome sur le thème *Structures de l'habitat et occupation du sol dans les paysages méditerranéens: les méthodes et l'apport de l'archéologie extensive* étendait cette problématique non seulement à un espace géographique plus vaste (Italie, Grèce, Espagne, Maroc, Algérie, Syrie, Niger) mais aussi à un cadre chronologique plus large, incluant notamment le Moyen Age. Les aspects méthodologiques y occupent une place majeure, en particulier les questions d'échelle, d'échantillonnage et de technique de ramassage.

La plupart des typologies de l'habitat romain sont encore basées sur les descripteurs utilisés par T.W. Potter (1975; 1980; 1982; 1986; 1992) en Etrurie méridionale. En Gaule méridionale, plusieurs essais de classification de l'habitat rural antique ont été proposés ces dernières années. M. Passelac (1983) – adaptant la typologie de T.W. Potter au Lauragais – distingue ainsi quatre catégories de sites, en fonction de leur superficie et des matériaux mis en œuvre. M. Dodinet (1984) a également

adapté le système mis au point en pays falisque au Nord-biterrois, distinguant lui aussi quatre classes de sites, caractérisés à la fois par leur superficie, les matériaux de construction employés et le mobilier recueilli. Dans le cadre de sa thèse, J.-Cl. Meffre (1992) a tenté pour 67 sites antiques du Vaisonnais une classification hiérarchique de l'habitat d'après les matériaux et les superficies. L'auteur y confronte données de fouilles et de prospections et distingue quatre classes de matériaux de construction, dont la corrélation avec la superficie des sites respectifs, très nette, aboutit à la définition de cinq groupes de sites.

L'application des moyens informatiques et des méthodes statistiques à l'archéologie a ouvert de nouveaux horizons à l'analyse spatiale, autorisant des approches plus fines de l'habitat rural, grâce à la multiplication des descripteurs et l'augmentation considérable du volume des bases de données. L'expérience la plus probante est sans conteste celle qui a été développée depuis le milieu des années 80 dans le Midi méditerranéen français et dans la vallée du Rhône, dans le cadre d'une série d'Actions Thématiques Programmées du CNRS et d'une équipe de chercheurs fédérée au sein d'un Groupe de Recherche (GDR 954), puis d'un programme financé par l'Union Européenne (ARCHAEOMEDES). Un millier de sites antiques ont ainsi fait l'objet d'un traitement par analyse factorielle des correspondances (A.F.C) et classification ascendante hiérarchique (C.A.H) de descripteurs archéologiques et environnementaux (Favory *et al.*, 1988; Favory et Fiches dir., 1994). La mise au point des descripteurs environnementaux a été menée avec le concours d'un laboratoire spécialisé dans le traitement de l'imagerie satellitaire (UNISFERE, Université de Besançon) et d'un laboratoire néerlandais qui a développé un système d'information géographique spécifique (RAAP, Université d'Amsterdam). Les descripteurs archéologiques, au nombre de dix, sont les suivants: *superficie, matériaux, mobilier, activités, statut, date d'implantation, durée d'occupation, occupation antérieure, pérennité et période d'occupation*. Les neuf descripteurs géographiques: *sol, terroir, pente, distance à la voirie, orientation du parcellaire local, paysage, distance à un cours d'eau, distance au réseau viaire actuel, nombre de dessertes aboutissant au site* (Favory et Raynaud, dans ce volume). Pour chaque descripteur, plusieurs classes (entre 2 et 13) ont été définies. Cette méthode permet de 'prendre en compte au mieux les faibles traces que fournit une prospection en utilisant les matériels recueillis à plusieurs niveaux' (Bessac *et al.*, 1987: 94). Il s'agit là assurément du système le plus élaboré qui ait été mis en œuvre non seulement en Gaule du Sud mais dans l'ensemble du monde méditerranéen, témoignant d'une volonté clairement affirmée d'appréhender l'espace de manière globale, dans tous ses aspects. L'intérêt de cette tentative est aussi de prendre en compte la dimension diachronique qui fait défaut à la plupart des typologies précédentes. En outre, la typologie de l'habitat est constamment renouvelée par un retour systématique aux

données de fouilles. La création récente de la revue *HARUR (Habitat rural en Gaule Narbonnaise)*, destinée à publier rapidement et synthétiquement les fouilles d'établissements ruraux gallo-romains, permet déjà une confrontation des typologies de fouilles et de prospections.

## LES PROBLÈMES DE TAPHONOMIE

### *La question de la représentativité des images de surface*

Le problème de la représentativité des images de surface en prospection est un lieu commun de la littérature archéologique anglo-saxonne. Il a été abordé de deux manières: – d'une part, à l'échelle des zones prospectées, à travers la question de l'échantillonnage; – d'autre part, au niveau du site, à travers la confrontation des données de prospection et de fouille. C'est ce dernier aspect qui nous intéresse plus particulièrement ici.

Le problème a été essentiellement posé pour la prospection au sol traditionnelle avec ramassage de surface. A. Hesse (1980), qui s'est précocement intéressé à la question pour des sites préhistoriques du Moyen-Orient, préconise une collecte par échantillonnage rigoureusement organisée, accompagnée d'une cartographie systématique des artefacts, en vue d'obtenir des indications sur la chronologie, les limites et l'organisation d'ensemble des implantations prospectées. Il souligne également la nécessité de prendre en compte le contexte géomorphologique et les paramètres géoclimatiques.

E. Zadora-Rio, dans sa réflexion sur la notion de 'site', aborde la question de la 'corrélation de l'image au sol et des structures enfouies' en se demandant 'quel est le degré de fidélité de l'image du site en surface par rapport aux structures enfouies?' (Ferdrière et Zadora-Rio, 1986: 12). Elle souligne à cette occasion la nécessité de prendre en compte les phénomènes 'post-dépositionnels' (l'anglicisme est révélateur) en montrant comment la morphogénèse, le couvert végétal, les façons culturelles jouent un rôle déterminant sur les conditions de repérage des sites, la répartition et la densité des artefacts à leur surface, et par conséquent leur interprétation en termes chronologiques et fonctionnels. L'auteur pose le problème de la corrélation entre les images d'un même site fournies par des techniques de prospection différentes: anomalies phytologiques ou pédologiques en prospection aérienne, anomalies électriques, magnétiques, thermiques en prospection géophysique, anomalies chimiques... Elle traite ensuite la question de l'interprétation chronologique des vestiges superficiels: la stratigraphie d'un site n'est pas également ni forcément complètement représentée en surface, ce qui induit une sous-représentation des périodes les plus anciennes et un problème de quantification. La question est aussi celle du rapport entre structures visibles et datation: 'Enfin, on ne peut presque jamais être certain

de l'exacte contemporanéité des sites, ou même des parties d'un site lorsqu'il est étendu, ce qui impose la plus grande prudence dans les interprétations d'ordre démographique' (p.13). Et l'auteur de conclure: 'Certains auteurs ont essayé, par la fouille, d'établir un système de corrélation entre l'image au sol et les vestiges enterrés [...] et ont suggéré de systématiser cette expérience. Pour toutes les raisons évoquées ci-dessus, il est peu probable qu'il soit jamais possible d'établir des modèles de correspondances dans la mesure où le degré d'adéquation entre la surface et le sous-sol dépend de facteurs multiples dont seule une faible partie est maîtrisable. Cela n'enlève pas, cependant, son intérêt à cette démarche et elle devrait permettre en particulier d'analyser de façon plus sûre les images diverses produites par un même type de site, et de comparer à bon escient les résultats obtenus par des techniques différentes' (p.13).

Ce point de vue a été repris plus récemment par N. Dieudonné dans un article de synthèse bibliographique sur *La prospection au sol*. L'auteur aboutit à cette conclusion: 'Ces résultats montrent que les relations entre la surface et le sous-sol d'un site archéologique sont très complexes. Une certaine adéquation existe, mais elle est plus qualitative que quantitative et varie d'un site à l'autre' (Dieudonné, 1989: 220).

### *Le filtrage de l'information*

La plupart des auteurs cités par E. Zadora-Rio et N. Dieudonné sont anglo-saxons et leurs travaux expérimentaux ne concernent pas toujours l'aire méditerranéenne. Leurs conclusions, toutefois, sont riches d'enseignements pour notre problématique. Deux filtres sont généralement considérés: le sédiment et le couvert végétal, tous deux étroitement dépendants à la fois des conditions bioclimatiques et des pratiques agricoles.

#### *Le filtre sédimentaire*

C.L. Redman et P.J. Watson (1970) ont établi à partir de la fouille d'un site en Turquie une relation entre la qualité de l'information recueillie en surface et l'état de dégradation des niveaux sous-jacents. Ils fixent à 50 cm la profondeur jusqu'à laquelle la relation entre image de surface et sous-sol est satisfaisante. P. Tolstoy et S. Fish (1975) concluent également à la sur-représentation des niveaux stratigraphiques supérieurs en surface à partir de la fouille d'un site mexicain. Ce phénomène bien connu des prospecteurs travaillant dans les régions méditerranéennes doit être néanmoins nuancé, car si effectivement la dégradation des gisements dans les zones sensibles à l'érosion (plateaux, buttes) favorise une excellente lecture, les colluvionnements corrélatifs et le comblement des zones basses constituent autant de phénomènes perturbateurs (effets de masquage, stratigraphies inversées). Dans ces derniers secteurs, le rôle des pratiques agricoles (labours profonds en particulier) est alors déterminant pour la qualité de l'image de surface. Les mêmes prospecteurs savent, pour avoir fréquenté

régulièrement une zone d'étude déterminée, que la lisibilité d'un même site varie énormément dans le temps. L'expérience conduite par A.J. Ammerman (1985) sur un site artificiel en Calabre montre la fluctuation dans le temps de la relation statistique liant les vestiges visibles aux vestiges enfouis. D'où la nécessité de passages répétés sur un même site à différentes périodes de l'année.

Plus généralement, une prise en compte globale de l'évolution climato-morphologique s'impose pour ces questions de taphonomie, à la lumière des progrès récents de l'archéologie du paysage. T.W. Potter (1976; 1979) proposait déjà de pondérer les résultats des prospections en Etrurie méridionale en montrant que l'alluvionnement intense qui a affecté cette région entre les IIIe et Ve siècles de notre ère rendait impossible la détection des sites antérieurs, recouverts par plusieurs mètres de sédiments. La collaboration des géomorphologues s'avère par conséquent indispensable. Cette remarque vaut autant pour le simple prospecteur que pour le géophysicien ou le géochimiste: c'est en fonction de leur connaissance quantitative et qualitative du sédiment que ces derniers seront en mesure de déterminer un pas de mesure ou d'identifier une anomalie liée à la présence d'un corps étranger dans le sous-sol.

#### *Le filtre végétal*

Autre filtre dont l'influence sur la lisibilité des sites est considérable, le couvert végétal a surtout été pris en compte à l'échelle des zones prospectées pour établir des cartes de représentativité. A l'échelle du site, ce type d'étude est beaucoup moins fréquent. Des travaux anglo-saxons ont pourtant montré à quel point le seuil permettant de définir un 'site' à partir de la quantification des artefacts superficiels est variable d'une aire climatique à une autre (aire atlantique/méditerranéenne par exemple) et, au sein d'une aire donnée, en fonction de la nature du couvert végétal. Ce seuil va de quelques tessons à plusieurs milliers par unité de 100 m<sup>2</sup>. L'intérêt croissant porté à la question des épandages liés aux pratiques agricoles (Wilkinson, 1982; 1989) s'est accompagné d'un développement des approches quantitatives permettant d'isoler 'sites' et anciens 'champs' en fonction de la nature et de la densité des artefacts, soulignant par là même la nécessité de cartographier très précisément végétation actuelle et couvertures sédimentaires et pédologiques (Parodi *et al.*, 1987; Bintliff et Snodgrass, 1988b; Favory et Fiches dir., 1994: 180-1, 194-9). Les techniques de la télédétection pourraient apporter une aide précieuse dans ce domaine.

#### *Les filtres culturels*

Des facteurs culturels peuvent aussi intervenir dans la sur-sous-représentation de certaines périodes par rapport à d'autres. A partir d'expériences méthodologiques conduites sur trois sites préhistoriques en Turquie, aux U.S.A. et au Mexique, K.W. Flannery (1976) insiste sur le fait que la sur-représentation des niveaux les plus récents n'est pas dûe uniquement aux facteurs post-dépositionnels,

mais aussi au rôle des réoccupations. Dans le même sens, C.M. Baker (1978) explique la sur-représentation des gros objets à la surface de sites préhistoriques américains par le remploi constant qu'en font leurs occupants.

#### *Le filtre de l'échantillonnage*

Outre le choix de la (ou des) technique(s) de prospection, qui constitue en soi un filtrage de l'information contenue dans le sous-sol d'un site, les techniques d'échantillonnage opérées en surface (grille de ramassage, pas de mesure) peuvent aussi s'accompagner d'une perte d'information. A.J. Ammerman, D.P. Gifford et A. Voorrips (1978) ont montré, à partir de la simulation d'un plan stratifié réalisée sur un site d'éleveurs Masai (Kenya), qu'il faut recueillir au moins 20% du matériel pour obtenir un échantillon de surface représentatif. L'expérience conduite par C.L. Redman et P.J. Watson (1970) a montré, en revanche, qu'un échantillonnage par quadrats de 5x5 m couvrant 10% de la superficie du site turc dont il a déjà été question était représentatif des 50 premiers centimètres de sous-sol seulement. Au-delà, il n'existe plus selon eux de corrélation statistique entre surface et stratigraphie. Sur le site des Girardes à Lapalud (Vaucluse), une grille d'échantillonnage composée de 54 carrés de 5 m de côté espacés de 20 m a permis, avec seulement 3,4% de la superficie explorée, de restituer très précisément l'organisation et l'évolution d'une zone d'habitat fréquentée sur la longue durée, du fait d'un compromis optimal entre la superficie des quadrats et leur espacement (Trément dir., dans ce volume). Mais là aussi, l'épaisseur du manteau alluvial n'excédait pas 50 cm.

Néanmoins, le point de vue du statisticien Fr. Djindjian sur les stratégies d'échantillonnage sur site est plutôt pessimiste. A la suite d'une réflexion sur l'influence des vestiges de surface dans la conduite de fouille, celui-ci conclut: 'Le seul objectif possible est la tentative de séparation sur une base purement typologique, des différentes occupations. L'utilisation possible des vestiges de surface doit donc se traiter cas par cas, et l'exception dans ce domaine, est l'existence d'une éventuelle corrélation surface/sous-sol' (Djindjian, 1991: 43).

#### *L'optimisation des images de surface*

Pour parer aux inconvénients précédents, qui, rappelons-le, n'affectent pas seulement les résultats des ramassages de surface mais également tous les moyens d'investigation du sous-sol, un certain nombre de précautions et de dispositions peuvent être pris, et des techniques spécifiques être mises au point.

#### *La connaissance du terrain: l'apport de la géomorphologie*

Tout d'abord, le recours aux compétences du géomorphologue s'impose pour une meilleure connaissance qualitative et quantitative du sédiment qui 'emballe' les vestiges enfouis: son épaisseur, sa texture, sa granulométrie, son hygrométrie déterminent en effet les contrastes physico-chimiques potentiels, et donc le choix des techniques et la

production de l'image superficielle. La dynamique géomorphologique, localement, peut éclairer en grande partie ce qu'il est convenu d'appeler les processus 'post-dépositionnels'. Le rôle du géologue (mais surtout du géomorphologue) a été largement souligné lors de la séance SPF-GMPCA du Congrès Préhistorique de France qui s'est tenu à Paris en novembre 1989. L'une des contributions au thème *Quelle stratégie pour une représentativité optimale des structures anciennes?*, intitulée *De la coopération entre partenaires pour les recherches géophysiques de structures archéologiques*, soulignait l'indispensable complémentarité du physicien, de l'archéologue et du géologue dans les choix stratégiques (Martinaud et Colmont, 1989). J'avais développé à cette occasion une réflexion sur l'intérêt de l'archéologie du paysage pour la taphonomie des sites (Trément, 1989). Cette complémentarité n'est d'ailleurs pas à sens unique, comme en témoignent les recherches menées en Italie sur la plaine du Pô (Marcolongo et Zaffanella, 1987), le territoire de Pise (Gabbani *et al.*, 1992), la vallée de l'Albegna (Gabbani *et al.*, 1994) et la plaine de Grosseto (Maselli *et al.*, 1988). L'intégration des données de la télédétection, de la géomorphologie et des sondages électriques de vérification y a permis d'établir de véritables cartes de susceptibilité archéologique.

Un exemple original est fourni par l'expérience de L. Amato et G. Di Maio (1991) à Pompéi, où la réalisation d'un transect de 2000 m avec un géoradar a permis de déceler des structures archéologiques sous 1,50 à 4,50 m de dépôts volcaniques caractérisés par une très forte résistivité. Malgré de très faibles contrastes de résistivité, les vestiges de sépultures, de *villae* suburbaines, le réseau de rues et de tranchées correspondant au niveau d'occupation de l'année 79 de notre ère apparaissent clairement par contraste avec l'orientation horizontale des laves. Seule une connaissance préalable des caractéristiques géo-électriques des dépôts vésuviens autorisait un tel résultat.

Autre exemple, celui de Riez (Var, France), où à l'occasion de la transformation d'un terrain de plusieurs hectares en une réserve archéologique, l'intervention d'E.D.F. dans le cadre du mécénat durant l'été 1994 a permis d'identifier le forum et une partie du complexe monumental de la cité romaine, ainsi que le paléochenal d'une rivière. Des sondages ont permis de vérifier les hypothèses avancées. La collaboration des géophysiciens, d'un géomorphologue et des archéologues responsables de l'opération a permis d'intégrer les différentes approches et de mieux comprendre le processus de production des images obtenues en surface (*inf. or.* M. Jorda et Ph. Borgard).

#### *Le croisement des techniques*

Le croisement des techniques de prospection permet en effet de compenser la perte d'information qui résulte de l'usage d'une seule méthode. Télédétection, photo-interprétation, sondages géophysiques et prospection sont couramment associés en diverses régions d'Italie (Cassinis,



1991). Dans le domaine de la géophysique, les recherches s'orientent de plus en plus fréquemment vers la combinaison de techniques différentes et complémentaires. C'est tout particulièrement le cas en Italie, où des résultats très convaincants ont été obtenus ces dernières années. Ceux-ci ont été présentés lors de colloques portant sur l'application des méthodes géophysiques à l'archéologie: – le séminaire de Porano (21–23 septembre 1988) sur la *Geofisica per l'Archeologia* (1991); – le colloque de Sienna (6–8 novembre 1989) sur *Lo Scavo archeologico: dalla Diagnosi all'Edizione* (Francovich et Manacorda dir., 1990); – enfin, le colloque qui s'est tenu également à Sienna (14–26 janvier 1991) sur l'*Archeologia del Paesaggio* (Bernardi dir., 1992). Ces trois rencontres ont été l'occasion de présenter un éventail très large de techniques (Brizzolari *et al.*, 1987; 1991a; 1991b; Alfano, 1991; Bozzo *et al.*, 1991; Bruzzi *et al.*, 1991). La plupart des contributions insistent sur la nécessité de croiser plusieurs méthodes sur un même site. En revanche, très peu décrivent la nature du couvert végétal et de la matrice sédimentaire, pour privilégier les aspects purement techniques (voir Patella *et al.*; Piro, dans ce volume).

#### Les traitements d'images

Enfin, les traitements d'images permettent de filtrer l'information pour faire ressortir les éléments significatifs ou pour corriger d'éventuelles erreurs de mesure. Ces méthodes ont été précocément utilisées pour le redressement des photographies aériennes obliques (Scollar, 1977; 1978; Palmer, 1976; 1977; Hampton, 1985; Gandon et Langouët, 1992), le traitement des photographies aériennes (Chevallier *et al.*, 1969; Favory, 1980; O'Brien *et al.*, 1982; Chouquer, 1985; Guidazzoli et Forte, 1991) et des images radar (Marcolongo et Mascellani, 1978; Tabbagh, 1983; Guy et Delézir, 1993). Les applications les plus importantes ont porté sur l'identification des parcellaires, d'abord avec la technique du filtrage optique, et plus récemment les traitements numériques.

Les applications ont également porté sur des données de prospection géophysique (Brizzolari *et al.*, 1986; Tabbagh, dans ce volume). A. Hesse et J. Tabbagh ont repris récemment les données de la prospection électrique de M. Daignières sur l'oppidum d'Ambrussum (Gard, France) pour en effectuer un filtrage associant représentation en tons de gris et traitements par délignage et filtrage par la médiane (Hesse *et al.*, 1992). Ces procédés permettent d'éliminer les erreurs de mesure et d'améliorer la lisibilité de l'image obtenue. A Lattes (Hérault, France), la collaboration exemplaire qui s'est nouée entre l'équipe de fouille du chantier-école expérimental et l'*Institut für Geophysik und Meteorologie* de l'Université de Braunschweig a permis, grâce aux divers traitements des résultats d'une prospection électrique et électromagnétique conduite sur une vaste superficie, de faire apparaître très précisément le plan de l'agglomération protohistorique, permettant de gérer au mieux la programmation des

fouilles (Weidelt dir., 1989; Garcia et Weidelt, 1991). Ces dernières ont ensuite confirmé très exactement les hypothèses avancées.

#### CONCLUSION

Le rapport entre méthodes de prospection géophysique, géochimique, aérienne, la télédétection et la recherche paléodémographique n'est pas *a priori* évident. Il n'est pas question ici de supplanter les méthodes traditionnelles de l'archéologie (l'épigraphie, la prospection, la fouille) par une batterie de techniques dont l'utilisation permettrait de résoudre comme par un coup de baguette magique un aussi vaste problème. Le point de vue est clairement celui de l'archéologue formulant une demande au spécialiste ou au technicien sur son apport réel à la question, et non une présentation théorique, par ce dernier, des possibilités de telle ou telle méthode dans le champ de l'archéologie. Espérons que cet objectif aura été atteint au cours de ce colloque.

#### BIBLIOGRAPHIE

- Alfano, L. (1991) Il metodo geoelettrico continue applicato alle ricerche archeologiche. Atti del seminario 'Geofisica per l'Archeologia'. Porano, 21–23 settembre 1988. Consiglio Nazionale delle Ricerche. Roma. *Quaderni dell'Istituto per le tecnologie applicate ai beni culturali* 1: 33–9.
- Amato, L. et Di Maio, G. (1991) Utilizzo del Georadar (GPR: Ground Penetrating Radar) per l'identificazione di anomalie stratigrafico/sedimentologiche all'interno della sequenza vulcanoclastica dell'eruzione vesuviana del 79 A.D. Pompei. Atti del seminario 'Geofisica per l'Archeologia'. Porano, 21–23 settembre 1988. Consiglio Nazionale delle Ricerche. Roma. *Quaderni dell'Istituto per le tecnologie applicate ai beni culturali* 1: 105–16.
- Ammerman, A.J. (1985) Plow-zone experiments in Calabria, Italy. *Journal of Field Archaeology* 12: 33–40.
- Ammerman, A.J. and Feldman, M.W. (1978) Replicated collection of site surfaces. *American Antiquity* 43: 734–40.
- Ammerman, A.J., Gifford, D.P., Voorrips, A. (1978) Towards an evaluation of sampling strategies: simulated excavations of a Kenyan pastoralist site. In I. Hodder (ed.) *Simulation studies in archaeology*. Cambridge, London, New York: Cambridge University Press (New direction in archaeology): 123–32.
- Arino-Gil, E. (1990) *Catastros romanos en el Convento juridico Caesaraugustano. La region Aragonesa*. Departamento de Ciencias de la Antigüedad (Arqueologia). Monografias Arqueologicas 33, Universidad de Zaragoza.
- Baker, C.M. (1978) The size effect: an explanation of variability in surface artifact assemblage content. *American Antiquity* 43: 288–93.
- Bariou, R. (1978) *Manuel de télédétection*. Paris, Sodipes.
- Barisano, E., Bartholomé, E., Marcolongo, B. (1984) *Télédétection et archéologie. Interprétation intégrée de données télédéteectées – HCMM, LANDSAT, photos aériennes – corrélées avec des aspects physiographiques et archéologiques dans la plaine vénétienne occidentale*. Notes et Monographies Techniques du Centre de Recherches Archéologiques 14.
- Barisano, E. et Marcolongo, B. (1987) Méthodes de prospection

- archéologiques par télédétection. Centro Ricerche Ambientali, Athesia, Roma. *Athesia* 1: 17–28.
- Bernabini, M. (1991) Geofisica per l'archeologia: le riposte del geofisico. Atti del seminario 'Geofisica per l'Archeologia'. Porano, 21–23 settembre 1988. Consiglio Nazionale delle Ricerche. Roma. *Quaderni dell'Istituto per le tecnologie applicate ai beni culturali* 1: 11–9.
- Bernardi, M. (dir.) (1992) *Archeologia del Paesaggio*. IV Ciclo di Lezioni sulla Ricerca applicata in Archeologia, Certosa di Pontignano (Siena), 14–26 gennaio 1991. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Università degli Studi di Siena. Edizioni all'Insegna del Giglio, Firenze, 2 vol.: 876 p.
- Bessac, J.-C., Christol, M., Fiches, J.-L., Gasco, Y., Janon, M., Michelozzi, A., Raynaud, C., Roth-Congès, A. et Terrer, D. (1987) *Ugernum, I, Beaucaire et le Beaucairois à l'époque romaine*. A.R.A.L.O. 15.
- Bintliff, J. (1992) Appearance and reality: Understanding the buried landscape through new techniques in field survey. In Bernardi, M. (dir.) *Archeologia del Paesaggio*. Vol.1: 89–137.
- Bintliff, J. (dans ce volume) *The concepts of 'site' and 'off-site' archaeology in surface artefact survey*.
- Bintliff, J. and Snodgrass, A. (1988a) Mediterranean survey and the city. *Antiquity* 62 (234): 57–71.
- Bintliff, J. and Snodgrass, A. (1988b) Off-site Pottery Distributions: A Regional and Interregional Perspective. *Current Anthropology* 29 (3): 506–13.
- Bintliff, J., Davis, B., Gaffney, C., Snodgrass, A., Waters, A. (1992) Trace metal accumulations in soils on and around ancient settlements in Greece. In P. Spoerry (ed.) *Geoprospection in the archaeological landscape*. Oxbow Monograph 18, Oxbow Books, Oxford: 9–24.
- Bozzo, E., Merlanti, F., Saperdi, E. (1991) Indagini geofisiche in alcuni siti archeologici dell'Appennino Ligure e Lunigiana. Atti del seminario 'Geofisica per l'Archeologia'. Porano, 21–23 settembre 1988. Consiglio Nazionale delle Ricerche. Roma. *Quaderni dell'Istituto per le tecnologie applicate ai beni culturali* 1: 117–33.
- Brandt, R. (1986) Evolution de l'habitat et de l'environnement dans les polders d'Assendelft (Pays-Bas). Actes de la table ronde des 14 et 15 mai 1982: 'La prospection archéologique, Paysage et peuplement', Paris. *Documents d'Archéologie Française* 3: 47–56.
- Brizzolari, E., Orlando, L., Piro, S., Samir, A., Versino, L. (1986) Tecniche di elaborazione per migliorare il rapporto segnale disturbo nei profili di resistività, per la ricerca di anomalie a piccola profondità. *Atti del 5° Convegno del Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida, CNR, 17–19 novembre 1986*, 2: 1025–36.
- Brizzolari, E., Finzi, E., Orlando, L., Piro, S., Versino, L. (1987) Impiego di prospezioni sismiche, magnetiche ed elettromagnetiche impulsive integrate, per la ricerca di anomalie superficiali. *Atti del 6° Convegno del Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida, CNR, Roma*. Roma.
- Brizzolari, E., Orlando, L., Piro, S., Versino, L. (1991a) Prospezioni geofisiche integrate nell'area archeologica Acqua Acetosa, Laurentina (Roma). Atti del seminario 'Geofisica per l'Archeologia'. Porano, 21–23 settembre 1988. Consiglio Nazionale delle Ricerche. Roma. *Quaderni dell'Istituto per le tecnologie applicate ai beni culturali* 1: 135–46.
- Brizzolari E., Orlando L., Piro S., Versino L. (1991b) Prospezioni geofisiche integrate nella necropoli Sabina Colle del Forno (Montelibretti, Roma). Atti del seminario 'Geofisica per l'Archeologia'. Porano, 21–23 settembre 1988. Consiglio Nazionale delle Ricerche. Roma. *Quaderni dell'Istituto per le tecnologie applicate ai beni culturali* 1: 147–59.
- Bruzzi, G., Dall'Aglio, P., De Maria, S. (1991) Prospezioni geofisiche integrate sul sito della città romana di Suasa Senonum (AN). Atti del seminario 'Geofisica per l'Archeologia'. Porano, 21–23 settembre 1988. Consiglio Nazionale delle Ricerche. Roma. *Quaderni dell'Istituto per le tecnologie applicate ai beni culturali* 1: 161–76.
- Cassinis, R. (1991) Integrazione tra telerilevamento da satellite e metodologie geofisiche nelle prospezioni archeologiche. Atti del seminario 'Geofisica per l'Archeologia'. Porano, 21–23 settembre 1988. Consiglio Nazionale delle Ricerche. Roma. *Quaderni dell'Istituto per le tecnologie applicate ai beni culturali* 1: 21–32.
- Cavalli, R.M., Marino, C.M., Pignatti, S. (dans ce volume) *Environmental studies through active and passive airborne remote sensing systems*.
- Charraut, D. et Favory, F. (dans ce volume) *La restitution des parcelles anciennes et des limitations antiques à partir des techniques de la télédétection et du traitement d'images*.
- Chevallier, R., Fontanel, A., Grau, G., Guy, M. (1969) Application du filtrage optique à l'étude des photographies aériennes. *Bulletin de la Société Française de Photogrammétrie* 32: 1–16.
- Chouquer, G. (1985) Traitements d'images et paysages médiévaux. *Archéologie Médiévale* 15: 7–30.
- Chouquer, G. (1993) Parcelles, cadastres et paysages. *Revue Archéologique du Centre de la France* 32, chronique, I: 205–30.
- Chouquer, G. et Favory, F. (1981) Un outil pour l'analyse des paysages et la recherche de structures antiques: le filtrage optique des photographies aériennes. *Revue d'Archéométrie* 5: 41–50.
- Chouquer, G. et Klijn, H. de (1989) Le Finage antique et médiéval. *Gallia* 46: 261–97.
- Cleuziou, S., Inizan, M.-L., Marcolongo, M. (1992) Le peuplement pré- et protohistorique du système fluviale fossile du Jawf-Hadramawy au Yémen (d'après l'interprétation d'images satellite, de photographies aériennes et de projections). *Paléorient* 18/ 2.
- Darbandi, M. et Guy, M. (1981) La contribution des images spatiales et aériennes à la connaissance des mesures utilisées pour la division des terres dans l'Antiquité. *Pallas* 28: 101–21.
- Del Pero, G. et Tonelli, A.M. (1990) Aspetti di Telerilevamento in archeologia. *Atti del Secondo Convegno Nazionale 'Il Telerilevamento per la conoscenza e la salvaguarda delle aree da proteggere, terrestri e marine'*. Associazione Italiana di Telerilevamento (A.I.T.), Bolzano, 9–11 novembre 1988. Giardini, Pisa: 237–46.
- Diceglie, S. (1984) La termografia nella ricerca archeologica: applicazioni sull'Acropoli di Egnazia. Estratto da *Convegno Nazionale A.I.T.A.-S.I.T.E. Bari, 9–11 maggio 1984*.
- Diceglie, S. (1989) La termografia nella ricerca archeologica (risultati della sperimentazione del nuovo metodo di prospezione dal 1983 al 1987). *Atti del Primo Convegno Nazionale 'Telerilevamento Aerospaziale e Risorse Ambientali'*. Inventario, Conservazione e Sviluppo. Associazione Italiana di Telerilevamento (A.I.T.), Parma, 29–30 Settembre e 1–2 Ottobre 1987. Giardini, Pisa: 147–69.
- Diceglie, S. (1990) Il Telerilevamento per la conoscenza e la conservazione di aree archeologiche terrestri e marine. *Atti del Secondo Convegno Nazionale 'Il Telerilevamento per la conoscenza e la salvaguarda delle aree da proteggere, terrestri e marine'*. Associazione Italiana di Telerilevamento (A.I.T.), Bolzano, 9–11 novembre 1988. Giardini, Pisa: 449–70.
- Diceglie, S. (1992) I 'cerchi di pietra' di Lampedusa (Telerilevamento archeologico dell'Isola). *Atti del Terzo Convegno Nazionale 'Osservazione dallo spazio dell'Italia e delle sue regioni: metodo, risultati e prospettive'*. Associazione Italiana di Telerilevamento (A.I.T.), L'Aquila, 7–10 novembre 1990. Giardini, Pisa: 421–39.

- Diceglie, S. et Tonelli, A. (1994) Termografia e tracciati georadar nello studio di strutture archeologiche. Il caso di Largo Palmieri a Monopoli. *Atti del Sesto Convegno Nazionale 'Il telerilevamento aerospaziale per l'ambiente e il territorio in Italia: dalla ricerca al servizio'*. Associazione Italiana di Telerilevamento (A.I.T.), Roma, 1-4 marzo 1994. Giardini, Pisa: 155-8.
- Dieudonné, N. (1989) La prospection au sol: Etude bibliographique. *Revue d'Archéologie du Centre de la France* 28 (2).
- Djindjian, F. (1991) *Méthodes pour l'archéologie*. Armand Colin - Archéologie, Paris.
- Dodinet, M. (1984) *Carte archéologique et cadastres romains: l'exemple du Nord-Biterrois*. Thèse de Doctorat, Besançon.
- El-Agamy, H. (1984) Exemple de prospection géoélectrique sur le site historique d'Erétrie. *Revue d'Archéométrie* 8: 21-9.
- Favory, F. (1980) Détection des cadastres antiques par filtrage optique: Gaule et Campanie. *Mélanges de l'Ecole Française de Rome* 92-1: 347-89.
- Favory, F., Fiches, J.-L., Girardot, J.-J. (1988) L'analyse des données appliquée à la typologie des sites gallo-romains dans le Beaucairais (Gard): matériel de prospection et environnement paysager: essai méthodologique. *Gallia* 45, 1987-1988: 67-85.
- Favory, F. et Fiches, J.-L. (dir.) (1994) *Les campagnes de la France méditerranéenne dans l'Antiquité et le haut Moyen Age: études microrégionales*. Documents d'Archéologie Française 42.
- Favory, F. et Raynaud, C. (dans ce volume) *Définition ou hiérarchisation des sites? Approche intégrée en Gaule méditerranéenne*.
- Ferdière, A. et Zadora-Rio, E. (dir.) (1986) La prospection archéologique. Paysage et peuplement. Actes de la table ronde des 14 et 15 mai 1982, Paris. *Documents d'Archéologie Française* 3: 180 p.
- Flannery, K.W. (1976) Sampling by intensive surface collection. In *The early mesoamerican village*. Academic Press, New York: 51-62.
- Fourteau, A.-M. (1986) Prospection systématique sur le tracé de l'autoroute A.71, section Bourges-Sud du Cher (France). Actes de la table ronde des 14 et 15 mai 1982, Paris. *Documents d'Archéologie Française* 3: 71-82.
- Fourteau, A.-M. et Tabbagh, A. (1979) Parcelle fossile et prospection thermique. Résultats des recherches à Lion-en-Beauce (Loiret). *Revue d'Archéométrie* 3: 115-23.
- Francovich, R. et Manacorda, D. (dir.) (1990). *Lo Scavo Archeologico: dalla Diagnosi all'Edizione*. III Ciclo di Lezioni sulla Ricerca applicata in Archeologia. Certosa di Pontignano (Siena), 6-8 novembre 1989. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Università degli Studi di Siena. Edizioni all'Insegna del Giglio, Firenze: 590 p.
- Gabbani, G., Pieri, M., Pranzini, E., Pranzini, G. (1992) Indagini geoelettriche per il controllo a terra di dati Landsat TM rilevati sulla pianura di Pisa. *Atti del Terzo Convegno Nazionale 'Osservazione dallo spazio dell'Italia e delle sue regioni: metodo, risultati e prospettive'*. Associazione Italiana di Telerilevamento (A.I.T.), L'Aquila, 7-10 novembre 1990. Giardini, Pisa: 289-99.
- Gabbani, G., Pieri, M., Pranzini, E., Santini, C. (1994) Il contributo del telerilevamento nello studio geomorfologico della pianura dell'Albegna. *Atti del Sesto Convegno Nazionale 'Il telerilevamento aerospaziale per l'ambiente e il territorio in Italia: dalla ricerca al servizio'*. Associazione Italiana di Telerilevamento (A.I.T.), Roma, 1-4 marzo 1994. Giardini, Pisa: 239-42.
- Gallant, T.W. (1986) 'Background noise' and site definition: a contribution to survey methodology. *Journal of Field Archaeology* 13: 403-18.
- Gandon, J.F. et Langouët, L. (1992) Un système de redressement informatisé des photographies aériennes obliques. *Revue d'Archéométrie* 16: 21-5.
- Garcia, D. et Weidelt, P. (1991) Prospection géophysique et fouilles en extension. In *Système d'enregistrement, de gestion et d'exploitation de la documentation issue des fouilles de Lattes*. *Lattara* 4: 65-70.
- Grosman, D. (dans ce volume) *Two examples of using combined prospecting techniques*.
- Guidazzoli, A. et Forte, M. (1991) Digital aerial photograph interpretation and archaeology. *Pixel, Computer Graphics, CAD/CAM, Image processing*, vol.12 (10): 11-4.
- Guy, M. et Passelac, M. (1991) Prospection aérienne et télédétection des structures parcellaires. In J. Guilaîne (dir.) *Pour une archéologie agraire*. Paris: 103-29.
- Guy, M. et Delézir, J. (1993) Apport du traitement numérique et des images satellitaires à la connaissance des parcellaires antiques. *Revue Archéologique de Narbonnaise* 26: 69-85.
- Hampton, J.N. (1985) The mapping of archaeological evidence from air photographs. *Aerial Archaeology* 11: 1-30.
- Hesse, A. (1971a) Les Tarterets II. Comparaison par le calcul des distributions horizontales des vestiges lithiques. *Gallia Préhistoire* XIV(1): 41-6.
- Hesse, A. (1971b) Tentative interpretation of the surface distribution of remains on the upper fort of Mirgissa (Sudanese Nubia). *Mathematics in the archaeological and historical sciences. Anglo-Romanian conference, Mamaia, 1970*. University Press, Edinburgh: 432-44.
- Hesse, A. (1980) La prospection des vestiges préhistoriques en milieu proche-oriental: une douzaine d'années d'expériences géophysiques. *Paléorient* 6: 45-54.
- Hesse, A. (dans ce volume) *La mesure de la résistivité (ou de la conductivité) électrique du sol en prospection archéologique*.
- Hesse, A., Daignières, M., Fiches, J.-L., Tabbagh, J. (1992) Le quartier bas d'Ambrussum: essai de relecture d'une carte de prospection géophysique. *Revue d'Archéométrie* 16: 5-12.
- Jones, B. (dans ce volume) *Aerial archaeology around the Mediterranean*.
- Leveau, Ph. (dans ce volume) *Du site au réseau. Archéologie, géographie spatiale ou géographie historique*.
- Marchisio, E., Pasquinucci, M., Pranzini, E., Vigna Guidi, G. (dans ce volume) *The Pisa territory project*.
- Marcolongo, B. et Mascellani, M. (1978) Immagini da satellite e loro elaborazioni applicate alla individuazione del reticolato romano nella pianura veneta. *Archeologia Veneta* 1: 131-45.
- Marcolongo, B. et Zaffanella, G.C. (1987) Evoluzione paleogeografica della pianura atesino-padana. Centro Ricerche Ambientali Athesia, Roma. *Athesia* 1: 31-67.
- Marcolongo, B. et Barisano, E. (dans ce volume) *Télédétection et archéologie. Concepts fondamentaux, état de l'art et exemples*.
- Martinaud, M. et Colmont, G. (1989) De la coopération entre partenaires pour les recherches géophysiques de structures archéologiques. Colloque G.M.P.C.A., Cité des Sciences et de l'Industrie de la Villette, Paris, 5-7 novembre 1989. *Bulletin de la Société Préhistorique Française* 86 (10-12) 301-8.
- Maselli, F., Meazzini, D., Pranzini, E. (1988) Studio dell'evoluzione geomorfologica recente della pianura di Grosseto per mezzo di dati Landsat: problemi metodologici e risultati preliminari. *Atti del Secondo Convegno Nazionale 'Il Telerilevamento per la conoscenza e la salvaguarda delle aree da proteggere, terrestri e marine'*. Associazione Italiana di Telerilevamento (A.I.T.), Bolzano, 9-11 novembre 1988. Pisa: 211-26.
- Meffre, J.-Cl. (1992) *Vaison et ses campagnes sous le Haut-Empire romain. Essai d'archéologie de l'espace*. Thèse de Doctorat nouveau régime, sous la direction de J.-P. Morel, dactylographiée, Université de Provence, Aix-en-Provence.
- Millett, M. (dans ce volume) *The comparison of surface and stratified artefact assemblages*.
- O'Brien, M.J., Beets, J.L., Warren, R.E., Hotrabbhavananda, T., Barney, T.W., Voigt, E.E. (1982) Digital enhancement and grey-level slicing of aerial photographs: techniques for archaeological

- analysis of intrasite variability. *World Archaeology* (This issue: Photogrammetry/Miscellany) 14-2: 173-90.
- Orejas, A. (1991) Arqueología del paisaje: historia, problemas y perspectivas. *Archivo Espanol de Arqueologia* 64: 191-230.
- Palmer, R. (1976) A method of transcribing archaeological sites from oblique aerial photographs to maps. *Journal of Archaeological Science* 3: 391-4.
- Palmer, R. (1977) A computer method for transcribing information graphically from oblique aerial photographs to maps. *Journal of Archaeological Science* 4: 283-90.
- Parodi, A., Raynaud, C., Roger, J.-M. (1987) La Vaunage du IIIe siècle au milieu du XIIe siècle. Habitat et occupation du sol. *Archéologie du Midi Médiéval* 4: 3-59.
- Passelac, M. (1983) L'occupation des sols en Lauragais à l'Age du Fer et pendant la période gallo-romaine: acquis, problèmes et méthodes. *Le Lauragais. Histoire et archéologie*. Montpellier: 29-63.
- Patella, D., Piro, S., Versino, L., Cammarano, F., Di Maio, R., Mauriello, P. (dans ce volume) *The IGAPS Project: Integrated geophysical acquisition and processing system for cultural heritage*.
- Pérez, A. (1993) *Les cadastres antiques sur le littoral occidental de la Provincia. Essai de chronologie historique (Ile siècle av. J.-C. - Ile siècle ap. J.-C.)*. Contribution à l'étude de la politique coloniale romaine en Gaule Transalpine et Narbonnaise. Thèse, Université de Montpellier III.
- Périsset, M.-C. et Tabbagh, A. (1981) Interpretation of thermal prospection on bare soils. *Archaeometry* 23 (2): 169-87.
- Piro, S. (dans ce volume) *Integration of high resolution georadar and geoelectrical methods: Detection of subsurface shallow bodies*.
- Poncet, Y. (1985) Télédétection et archéologie à échelle régionale: une opération sur les données Landsat. *Revue d'Archéométrie* 9: 7-18.
- Potter, T.W. (1975) Recenti ricerche in Etruria meridionale: problemi della transizione dal tardo antico all'alto medioevo. *Archeologia Medievale* 2: 215-36.
- Potter, T.W. (1976) Valleys and settlement: some new evidence. *World Archaeology* 8 (2): 207-19.
- Potter, T.W. (1979) *The changing landscape of South Etruria*. Paul Elek, London.
- Potter, T.W. (1980) Villas in South Etruria: some comments and contexts. In K.S. Painter (dir.) *Roman villas in Italy*. British Museum Occasional Papers: 73-82.
- Potter, T.W. (1982) Prospections en surface, théorie et pratique. In P.-A. Février et Ph. Leveau (dir.) *Villes et campagnes dans l'Empire romain*. Colloque de l'Université de Provence, Aix-en-Provence, 1980. Aix-en-Provence: 9-18.
- Potter, T.W. (1986) Programme de prospection en Etrurie méridionale: Réflexions sur les méthodes et les techniques. Actes de la table ronde des 14 et 15 mai 1982: 'La prospection archéologique, Paysage et peuplement', Paris. *Documents d'Archéologie Française* 3: 139-43.
- Potter, T.W. (1992) Reflection of twenty-five years' fieldwork in the Ager Faliscus. Approaches to landscape archaeology. In M. Bernardi (dir.) *Archeologia del Paesaggio*. Edizioni all'Insegna del Giglio, Firenze, 2: 637-66.
- Ranieri, G., Salvi, D., Stefani, G. (1991) Possibilità di applicazione di metodi geofisici nelle ricerche archeologiche sull'acquedotto di Karales (Cagliari). Atti del seminario 'Geofisica per l'Archeologia'. Porano, 21-23 settembre 1988. Consiglio Nazionale delle Ricerche. Roma. *Quaderni dell'Istituto per le tecnologie applicate ai beni culturali* 1: 281-91.
- Redman, C. (1987) Surface collection, sampling and research design: a retrospective. *American Antiquity* 52 (2): 249-65.
- Redman, C. et Watson, P.J. (1970) Systematic intensive surface collection. *American Antiquity* 35: 279-91.
- Regoli, E. et Terrenato, N. (1991) L'apporto della geofisica alla ricognizione archeologica: il caso della valle del Cecina. Atti del seminario 'Geofisica per l'Archeologia'. Porano, 21-23 settembre 1988. Consiglio Nazionale delle Ricerche. Roma. *Quaderni dell'Istituto per le tecnologie applicate ai beni culturali* 1: 293-6.
- Renfrew, C. and Bahn, P. (1993) *Archaeology. Theories, Methods and Practice*. London.
- Rimington, J.N. (dans ce volume) *Soil geochemistry and artefact scatters in Boeotia, Greece*.
- Roberto, C., Plambeck, J.A., Small, A.M. (1985) The chronology of the sites of the Roman period around San Giovanni: methods of analysis and conclusions. In S. Macready and F.H. Thompson (dir.) *Archaeological Field Survey in Britain and Abroad*. London, Society of Antiquaries Occasional Papers 6: 136-45.
- Sabins, F.F. (1978) *Remote Sensing. Principles and Interpretation*. Freeman, San Francisco.
- Saez-Fernandez, P. (1990) Estudio sobre una inscripción catastral colindante con Lacimurga. *Habis* 21: 205-27.
- Scollar, I. (1977) Image processing via computer in aerial archaeology. *Computer and the Humanities* 11 (6): 347-51.
- Scollar, I. (1978) Computer image processing for archaeological air photographs. *World Archaeology* (This issue: Field Techniques and Research Design) 10 (1): 71-87.
- Scollar, I., Tabbagh, A., Hesse, A., Herzog, I. (1990) *Archaeological prospecting and remote sensing*. Cambridge University Press, Cambridge, 2: 674 p.
- Tabbagh, A. (1973) Essai sur les conditions d'application des mesures thermiques à la prospection archéologique. *Annales de Géophysique* 29: 179-88.
- Tabbagh, A. (1977) Difficultés rencontrées dans la mise en œuvre de la prospection thermique aéroportée. *Revue d'Archéométrie* 1: 91-104.
- Tabbagh, A. (1978) Thermal airborne prospection of the Lion-en-Beauce township. *Archaeophysika* 10: 700-9.
- Tabbagh, A. (1983) Correction géométrique d'une image par un radiomètre à balayage embarqué. *Revue d'Archéométrie* 7.
- Tabbagh, A. et Hesse, A. (1991) Thermal archaeological surveying: comment on research note by Noel and Bellerby. *Archaeometry* 33 (1): 119-20.
- Tabbagh, J. (dans ce volume) *Filtrage numérique des données géophysiques*.
- Talice, S. et Capraro, A. (1994) Il telerilevamento aereo per l'archeologia subacquea: un'applicazione nel golfo di Napoli. *Atti del Sesto Convegno Nazionale 'Il telerilevamento aerospaziale per l'ambiente e il territorio in Italia: dalla ricerca al servizio'*. Associazione Italiana di Telerilevamento (A.I.T.), Roma, 1-4 marzo 1994. Giardini, Pisa: 207-10.
- Taylor, J. (dans ce volume) *Soil phosphate survey*.
- Tolstoy, P. et Fish, S. (1975) Surface and subsurface evidence for community size at Coapexco, Mexico. *Journal of Field Archaeology* 2: 97-104.
- Tonelli, A.M. (dans ce volume) *Metodi di telerilevamento in archeometria e nella diagnostica non invasiva*.
- Trément, F. (1989) La Région des Etangs de Saint-Blaise: Pour une approche archéologique et paléo-écologique d'un milieu de vie. Colloque G.M.P.C.A., Cité des Sciences et de l'Industrie de la Villette, Paris, 5-7 novembre 1989. *Bulletin de la Société Préhistorique Française* 86 (10-12): 441-50.
- Trément, F. (1999) *Archéologie d'un paysage: les étangs de Saint-Blaise (Bouches-du-Rhône)*. Documents d'Archéologie Française 74, Paris.
- Trément, F. (dir.) (en collaboration avec P. Clogg, P. Druelle, G. Ducomet, J.-P. Mariat, J. Taylor) (dans ce volume) *Expérience de croisement de méthodes de prospection sur le site des Girardes à Lapalud (Vaucluse, France)*.
- Trément, F. (1999a) L'intégration des méthodes de l'archéologie du

- paysage à l'échelle micro-régionale. In P. Leveau *et al.*, *Environmental Reconstruction in Mediterranean Landscape Archeology*. Oxbow, Oxford: 193–205.
- Trément, F. (1999b) Prospection archéologique et démographie en Provence. Approche paléodémographique de la rive occidentale de l'Etang de Berre sur la longue durée. In J. Bintliff and K. Sbonias, *Reconstructing Past Population Trends in Mediterranean Europe*. Oxbow, Oxford: 93–113.
- Trément, F. (1999c) Prospection et chronologie: De la quantification du temps au modèle de peuplement. Méthodes appliquées au secteur de Saint-Blaise (Bouches-du-Rhône). In R. Francovich and H. Patterson, *Extracting Meaning from Ploughsoil Assemblages*. Oxbow, Oxford: 77–91.
- Vaquer, J. (dans ce volume) *Détection aérienne des camps néolithiques en Languedoc occidental*.
- Vigliotti, R. (1990) Metodo sperimentale di applicazione della fotografia all'infrarosso per l'individuazione di cavità artificiali nel tufo. *Atti del Secondo Convegno Nazionale 'Il Telerilevamento per la conoscenza e la salvaguarda delle aree da proteggere, terrestri e marine'*. Associazione Italiana di Telerilevamento (A.I.T.), Bolzano, 9–11 novembre 1988. Giardini, Pisa: 257–67.
- Weidelt, P. (dir.) (1989) Geophysikalische Messungen auf dem Ausgrabungsgelände von Lattes (Südfrankreich). Institut für Geophysik und Meteorologie der Technischen Universität Braunschweig. *GAMMA (Geophysikalische Arbeiten sowie Mitteilungen aus Meteorologie und Astrophysik)* 49: 70 p.
- Wilkinson, T.J. (1982) The definition of ancient manured zones by means of extensive sherd-sampling techniques. *Journal of Field Archaeology* 9: 323–33.
- Wilkinson, T.J. (1989) Extensive sherd scatters and land-use intensity: some recent results. *Journal of Field Archaeology* 16: 31–46.
- Zadora-Rio, E. (1986) La prospection archéologique et l'évolution de la notion de site. Actes de la table ronde des 14 et 15 mai 1982: 'La prospection archéologique, Paysage et peuplement', Paris. *Documents d'Archéologie Française* 3: 11–3.

# THE ARCHAEOLOGY OF MEDITERRANEAN LANDSCAPES

Series editors: Graeme Barker and David Mattingly

## 1. Reconstructing Past Population Trends in Mediterranean Europe

*Edited by John Bintliff and Kostas Sbonias*

Population trends and demographics in general are discussed through a variety of case studies based in Mediterranean Europe. The range of archaeological techniques and methods of analysis includes regional field surveys, artefact scatter analysis, palaeoanthropology, historical and documentary sources, and studies of cemeteries.

## 2. Environmental Reconstruction in Mediterranean Landscape Archaeology

*Edited by Phillipe Leveau, Frédéric Trément, Kevin Walsh and Graeme Barker*

These essays present wide-ranging approaches to environmental reconstruction across Mediterranean Europe with case studies from southern and central France, central Italy, Spain, Greece, Slovenia and Turkey.

## 3. Geographical Information Systems and Landscape Archaeology

*Edited by Mark Gillings, David Mattingly and Jan van Dalen*

Twelve papers explore the application of GIS in archaeological contexts around the Mediterranean. There are reports on individual case studies and discussion of theoretical topics and the development of new techniques and approaches to the use of GIS in archaeology.

## 4. Non-Destructive Techniques Applied to Landscape Archaeology

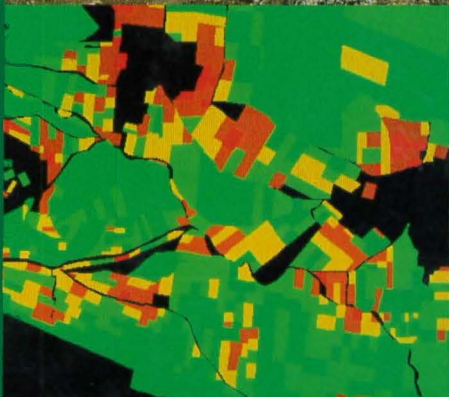
*Edited by Marinella Pasquinucci and Frédéric Trément*

The contributors to this book outline non-destructive methods such as remote sensing, aerial photography and reconnaissance, magnetic and radar techniques, seismic and acoustic methods, soil phosphate surveys and geochemical analysis with examples taken from particular case studies.

## 5. Extracting Meaning from Ploughsoil Assemblages

*Edited by Riccardo Francovich and Helen Patterson*

Artefact scatters recovered from the ploughsoil can reveal much about buried remains and the presence of multi-period occupation. The papers in this volume deal with the methodologies and techniques used in surface survey, dilemmas and variations in recording and collection strategies, and depositional and post-depositional problems. Case studies are cited from the prehistoric to medieval period.



OXBOW BOOKS 

ISBN 1-900188-74-0



9 781900 188746 >